

**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta bezpečnostního inženýrství**

**Katedra požární ochrany**

**Rozbor tepelné zátěže zásahového oděvu pro hasiče  
při výcviku**

**Student: Bc. Ondřej Prokeš**

**Vedoucí diplomové práce: Ing. Ladislav Jánošík**

**Studijní obor: 3908T006 - Technika požární ochrany a bezpečnosti  
průmyslu**

**Datum zadání diplomové práce: 15. 6. 2011**

**Termín odevzdání diplomové práce: 20. 4. 2012**

# Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Ondřej Prokeš**

Studijní program: N3908 Požární ochrana a průmyslová bezpečnost

Studijní obor: 3908T006 Technika požární ochrany a bezpečnosti průmyslu

Téma: **Rozbor tepelné zátěže zásahového oděvu pro hasiče při výcviku**  
**Analysis of Thermal Load on the Firefighting Suit during Training**

Zásady pro vypracování:

Cíl práce:

Předmětem práce bude specifikace tepelné zátěže při používání standardních zásahových oděvů hasiče při reálném výcviku za přítomnosti tepelného sálání a zvýšené teploty (např. flashover kontejnery apod.).

Charakteristika práce:

Porovnání takticko-technických parametrů zásahových oděvů používaných jednotkami HZS ČR.

Rešerše legislativních a normativních požadavků na zásahový oděv pro hasiče, rozbor používaných metod laboratorního a experimentálního ověřování vlastností materiálů zásahových oděvů v ČR, případně v zahraničí a jejich srovnání.

Rozbor tepelné zátěže hasiče v zásahovém oděvu při výcviku ve flashover kontejneru.

Seznam doporučené odborné literatury:

HES, L.; SLUKA, P. Úvod do komfortu textilií. Skripta. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. 109 s. ISBN 80-7083-926-0

RŮŽIČKOVÁ, D. Oděvní materiály. Skripta. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2003. 221 s. ISBN 80-7083-682-2

BLAHOŽ, V.; KADLEC, Z. Sdílení tepla. 2. vyd., Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2000. 110 s. ISBN 80-902001-1-7

STEHLÍK, V. Zásahový oblek a jeho použití. Diplomová práce. Ostrava, VŠB – TU Ostrava, 2007

STANĚK, D. Hodnocení komfortu ochranných oděvů příslušníků jednotek PO za standardních a extrémních podmínek při zásahu. Diplomová práce. Ostrava, VŠB – TU Ostrava, 2008

VEJDA, M. Testování funkčního prádla pod zásahový oblek. Diplomová práce. Ostrava, VŠB – TU Ostrava, 2011. 71 s.

Vyhláška MV č. 456/2006 Sb., o technických podmínkách věcných prostředků požární ochrany, Praha: Ministerstvo vnitra, 2006.

ČSN EN 340 Ochranné oděvy - Všeobecné požadavky

ČSN EN 469 Ochranné oděvy pro hasiče - Technické požadavky na ochranné oděvy pro hasiče

ČSN EN 367 Ochranné oděvy. Ochrana proti teplu a ohni. Metoda stanovení prostupu tepla při vystavení účinku plamene

ČSN EN ISO 14116 Ochranné oděvy - Ochrana proti teplu a ohni - Materiály a sestavy materiálů s omezeným šířením plamene

ČSN EN ISO 11612 Ochranné oděvy - Oděvy na ochranu proti teplu a plameni

ČSN EN 15614 Ochranné oděvy pro hasiče - Laboratorní metody zkoušení a technické požadavky na provedení oděvů pro likvidaci požárů v otevřeném terénu

ČSN EN ISO 6942 Ochranné oděvy - Ochrana proti teplu a ohni - Zkušební metoda: hodnocení materiálu a

kombinací materiálů vystavených sálavému teplu

ČSN EN 702 Ochranné oděvy - Ochrana proti teplu a ohni - Zkušební metoda pro stanovení prostupu tepla  
ochranným oděvem nebo jeho materiály při dotyku

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ladislav Jánošík**

Datum zadání: 15.06.2011

Datum odevzdání: 20.04.2012

---

Ing. Petr Kučera, Ph.D.  
*vedoucí katedry*

---

prof. Ing. Pavel Poledňák, PhD.  
*děkan fakulty*

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci vypracoval samostatně.“

V Ostravě

Ondřej Prokeš

.....

Podpis studenta

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Ladislavu Jánošíkovi, za odbornou pomoc a to jak u prováděného měření v laboratoři, či terénu, tak i při zpracování mé práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Šárce Bernatíkové, Ph.D. za pomoc při provádění měření v terénu, směně B z centrální hasičské stanice Ostrava Zábřeh, za poskytnutí možnosti měření při výcviku na požár, Bc. Martinovi Türkemu, za pomoc při měření a poskytnutí potřebných podkladů pro moji diplomovou práci.

## Anotace

PROKEŠ, Ondřej. *Rozbor tepelné zátěže zásahového oděvu pro hasiče při výcviku.*

Diplomová práce, Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2012. 63 s.

Diplomová práce se zabývá shrnutím legislativních a normativních požadavků na ochranné oděvy pro hasiče, aktuálně používané u Hasičského záchranného sboru České Republiky. Dále rozbořem jejich takticko-technických parametrů a popisem laboratorních metod, které souvisí s prostupem tepla. V teoretické části jsou také popsány fyziologické reakce lidského organismu na teplotu a experimentální měření tepelné zátěže v zahraničí. Další část práce se věnuje popisu mého vlastního měření k zjištění tepelné zátěže. Jedná se o laboratorní měření vlastností materiálů sálavým teplem a měření tepelné zátěže při simulaci reálného požáru.

Klíčová slova: sálavé teplo, tepelný tok, tepelná zátěž, kritická teplota

PROKES, Ondrej. *Analysis of Thermal Load on the Firefighting Suit during Training.*

Diploma thesis, Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2012. 63.

Diploma thesis deals with a summary of legislative and regulatory requirements for protective clothing for firefighters, currently used by the Fire and Rescue Service of Czech Republic. Further analysis of the tactical-technical parameters and a description of laboratory methods that are related to heat transfer. In the theoretical part are still described the physiological responses of the human body temperature and experimental measurements of thermal loads in foreign countries. Another part is devoted to the description of my own measurements to determine the heat load. This is a laboratory measurement of material properties by radiant heat and thermal stress measurements in the simulation of real fire.

Keywords: Radiant heat, heat flux, thermal load, critical temperature

## Obsah:

1 Úvod .....	1
2 Rešerše .....	2
3 Legislativní a normativní požadavky .....	4
3.1 Ochranný oděv .....	4
3.2 Všeobecné požadavky na ochranné oděvy .....	5
3.2.1 Základní zdravotní a ergonomické požadavky .....	5
3.2.2 Stárnutí .....	6
3.2.3 Označení velikostí .....	6
3.2.4 Značení .....	6
3.2.5 Informace výrobce .....	7
3.3 Technické požadavky na ochranné oděvy .....	7
3.4 Technické podmínky ochranného oděvu .....	8
3.4.1 Kabát .....	9
3.4.2 Kalhoty .....	10
3.4.3 Reflexní značení .....	10
3.4.4 Doplnky ochranného oděvu .....	10
3.4.5 Kukla zimní .....	11
4 Používané laboratorní metody .....	12
4.1 Metoda stanovení prostupu tepla při vystavení účinku plamene .....	12
4.1.1 Podstata zkoušky .....	12
4.1.2 Postup zkoušky .....	12
4.2 Metoda hodnocení materiálu a kombinací materiálů vystavených sálavému teplu .....	13
4.2.1 Podstata zkoušky .....	14
4.2.2 Postup zkoušky .....	15
4.3 Metoda pro stanovení prostupu tepla ochranným oděvem při dotyku .....	16
5 Zásahové oděvy .....	18
5.1 GoodPRO FR3 FireHorse .....	19
5.1.1 Materiálové složení vrstev oděvu .....	19
5.1.2 Popis .....	20
5.2 TIGER Plus .....	22
5.2.1 Materiálové složení vrstev oděvu .....	22
5.2.2 Popis .....	23

5.3 FIREMAN V .....	24
5.3.1 Materiálové složení vrstev oděvu:.....	24
5.3.2 Popis:.....	24
5.4 FIREMAN TIGER .....	25
5.4.1 Materiálové složení vrstev oděvu.....	25
5.4.2 Popis .....	26
6 Fiziologické reakce lidského organismu na teplo .....	27
7 Experimentální měření tepelné zátěže v zahraničí .....	30
7.1 Přístrojové vybavení.....	30
7.2 Podrobnosti měření .....	31
7.2.1 Expozice tepelného záření při pokojové teplotě .....	31
7.2.2 Expozice teploty s kombinací tepelného záření .....	31
7.3 Shrnutí výsledků.....	32
7.3.1 Běžné podmínky.....	34
7.3.2 Nebezpečné podmínky .....	34
7.3.3 Extrémní podmínky.....	34
7.3.4 Kritické podmínky.....	34
8 Experimentální ověřování vlastností materiálů zásahových oděvů sálavým teplem .....	36
8.1 Zkušební sestava .....	36
8.1.1 Sálavý panel .....	36
8.1.2 Radiometr .....	37
8.1.3 Termočlánky.....	37
8.1.4 Držák na zkušební vzorek .....	38
8.1.5 Oplechovaný sádrokartonový panel .....	38
8.1.6 Infrateploměr.....	38
8.1.7 Digitální multimetr M - 4660 A .....	39
8.1.8 Dataloger Almemo 2890-4S.....	39
8.1.9 Programový regulátor MT825-A .....	39
8.1.10 Termokamera .....	40
8.2 Postup zkoušky.....	41
8.2.1 Zkouška vzorků textilií FIREMAN TIGER s otvorem.....	41
8.2.2 Zkouška vzorků textilií FIREMAN TIGER bez otvoru.....	43
8.2.3 Zkouška vzorků textilií FIREMAN TIGER a trika bez otvoru.....	44
8.2.4 Zkouška vzorků textilií GoodPRO FR3 FireHorse a trika bez otvoru .....	45



8.1 Vyhodnocení zkoušky .....	46
9 Experimentální měření teplotní zátěže hasiče při cvičném požáru .....	50
10 Závěr.....	55
11 Literatura .....	58
12 Seznam příloh.....	61

# 1 Úvod

V této práci se zabývám, jak název napovídá, rozbořem tepelné zátěže působící na zásahový oděv a tělo hasiče při výcviku. V dnešní době se hasiči snaží školit a cvičit v takových podmínkách, aby se co nejvíce přiblížili opravdovým podmínkám u zásahu. Proto mohu říci, že má práce se zabývá rozbořem tepelné zátěže zásahového oděvu pro hasiče při výcviku i opravdovém zásahu. Cílem práce je specifikovat tepelnou zátěž při používání standardních zásahových oděvů hasiče u výcviku, v podmínkách působení tepelného sálání a zvýšené teploty.

S postupující dobou se stále zdokonalují osobní ochranné prostředky pro hasiče, aby se zvyšovala jejich odolnost. Zásahový oděv se konstruuje tak, aby co nejvíce chránil hasiče při jejich základním poslání, což je hašení požárů. V těchto situacích je důležité, aby byl nosič oděvu chráněn proti tepelnému působení. Tento oděv je ale používán i u ostatních běžných zásahů, proto je zde na druhou stranu snaha o zlepšení komfortu hasiče tím, že oděv bude propouštět akumulované teplo z pod oděvu ven. Proto se neustále zlepšují materiály, ze kterých je zásahový oděv zhotoven. Z tohoto důvodu se v této práci zabývám jen těmi oděvy, které se aktuálně užívají u Hasičského záchranného sboru České Republiky (dále jen HZS ČR).

V roce 1994 požární experimentální jednotka zavedla určité limity podmínek při požáru. Protože se od té doby změnila materiály, ze kterých se zhotovují zásahové oděvy pro hasiče, rozhodl jsem se porovnat tyto limity pro dnešní zásahové oděvy.

Z důvodu pokroku v navrhování materiálů pro zásahové oděvy, hasiči již nepocítují pod svým oděvem takové teplo. Proto bych chtěl specifikovat tepelnou zátěž, která na ně působí a kterou pocítují pod svým oděvem. Protože hasič musí mít při požáru u sebe i různé technické prostředky, které nemají takovou tepelnou odolnost a mohou být poškozeny nebo zničeny.

Věřím, že díky této práci budou hasiči schopni zajistit při svých cvičeních takové podmínky, které by zabránily poškození používaných technických prostředků nebo v horším případě vytvoření zdravotní újmy. Zároveň budou schopni vytvořit takové podmínky, které se budou přibližovat reálným podmínkám u zásahu a tím se kvalitně připravovat na životu nebezpečné situace, vzniklé při výkonu tohoto povolání.

## 2 Rešerše

Zde jsou uvedeny publikace, které mi posloužili jako hlavní zdroje informací, vztahující se k tématu diplomové práce. Zbylé zdroje jsou citovány na konci práce v seznamu použité literatury.

ROBERTS, G. V.; FOSTER, J. A. *Measurements of the Firefighting Environment*. 1994. 20 s.

Z této publikace jsem čerpal informace o zkoušce, kterou prováděla v roce 1994 Fire Experimental Unit, pro získání informací o prostředí, se kterým se setkávají hasiči při požáru. Informace o tomto prostředí byly získávány z důvod nedostatečných znalostí teplotních hranic u požáru a pro podporu standardních prací hasiče a pro tvorbu jeho ochranných prostředků. K získání těchto údajů Fire Experimental Unit zkonstruovala speciální přístrojové vybavení, které měřilo teplotu a proudění vzduchu okolo hasiče, hustotu tepelného toku a vlhkost. Výsledkem této zkoušky bylo určení limitů tepelné expozice hasiče v prostředí požáru, ať už teploty, či hustoty tepelného toku. Podle těchto limitů určili podmínky při požáru od běžných, až po kritické.

ČSN EN 469. *Ochranné oděvy pro hasiče*. Praha: Český normalizační institut, květen 2006, 48 s. .

Tato norma nahrazuje ČSN EN 469:1995. Účelem normy je specifikovat hodnoty a požadavky na technické provedení ochranných oděvů nošených při likvidaci požárů a při přidružených činnostech. Dále určuje všeobecné provedení oděvu, minimální hodnoty pro použité materiály a metody zkoušek pro stanovení těchto hodnot.

ČSN EN ISO 6942. *Ochranné oděvy - Ochrana proti teple a ohni - Zkušební metoda: hodnocení materiálu a kombinací materiálů vystavených sálavému teple*. Praha: Český normalizační institut, 2003. 16 s.

Nahrazuje ČSN EN 366:1993. Tato norma stanovuje dvě zkušební metody umožňující určit chování materiálů, z kterých jsou tvořeny ochranné oděvy, vystaveného působení sálavého tepla. Jedná se o metodu A, která slouží k vizuálnímu posouzení změn materiálu po působení sálavého tepla a metodu B, kterou se zjišťuje ochranný účinek materiálu.

KÖNIGOVÁ, R. *Komplexní léčba popálenin*. 1. vydání, Praha : Grada Publishing, 2001, 253 s. ISBN 80-95824-46-9.

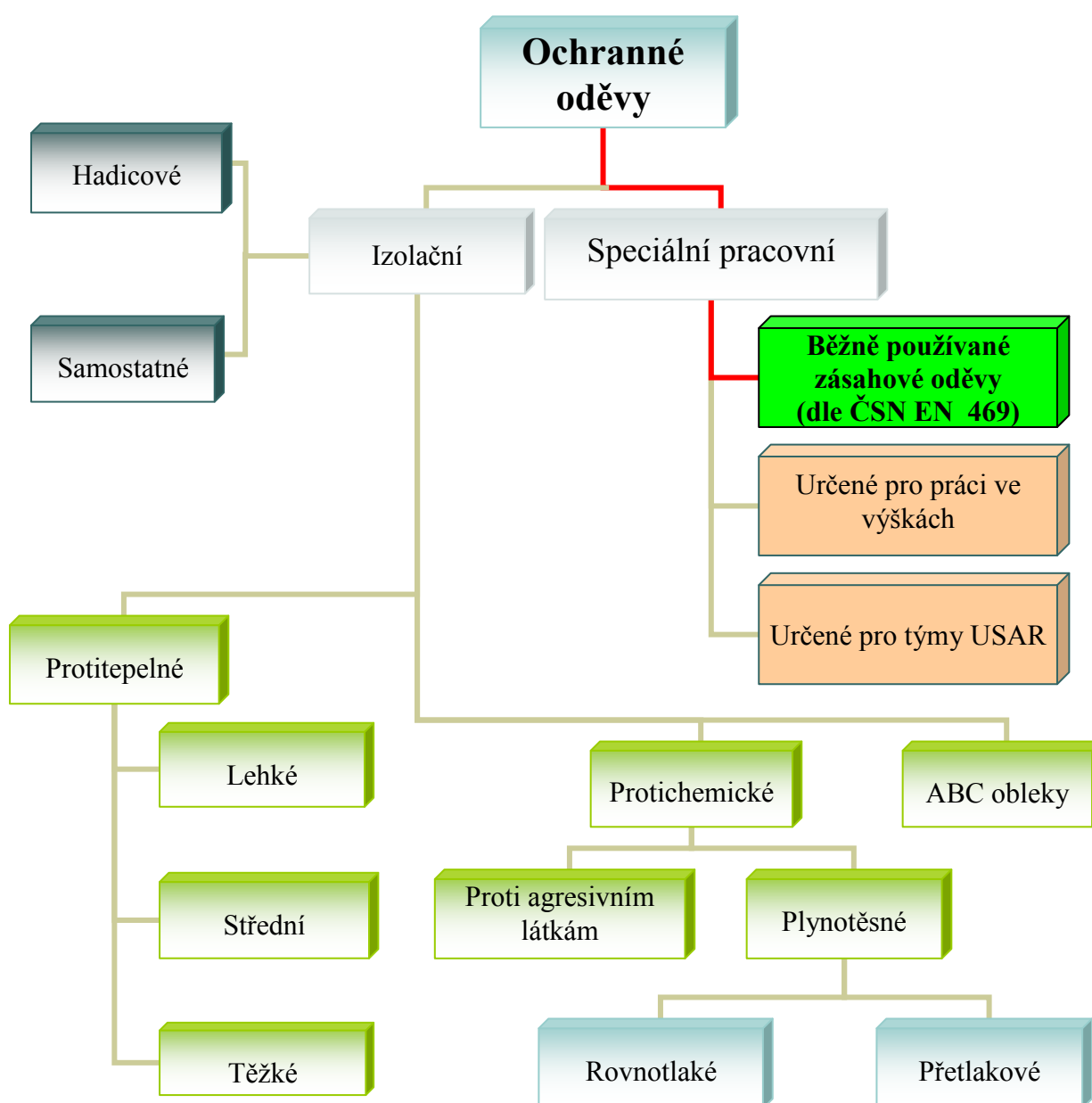
V této literatuře jsem se dočetl základní informace o popáleninách. Z publikace jsem čerpal základní rozdělení popálenin, za jakých podmínek vznikají, jak se jednotlivé stupně rozpoznají a oddělují. Publikace z oboru popáleninové medicíny zpracovává úrazy nejen dospělých, ale i dětí a to i s poukazem na možné příčiny úrazů, jejich prevenci a stanovení prognosy. Umožňuje lékařům nejen dobrou orientaci při prvním vyšetření a ošetření popálených, ale i usnadňuje rozhodování o překladi postižených na odborná popáleninová pracoviště. Usnadňuje ale i orientaci v terapii následků a představu perspektivy každého z postižených.

### 3 Legislativní a normativní požadavky

V této kapitole se zabývám legislativními a normativními požadavky na ochranné oděvy pro hasiče.

#### 3.1 Ochranný oděv

Ochranným oděvem rozumíme oděv včetně chráničů, který zakrývá nebo nahrazuje vlastní oděv a který je navržen k tomu, aby poskytoval ochranu proti jednomu nebo více nebezpečím [5]. Tyto oděvy dělíme dle Obr. 1.



Obr. 1 Rozdělení ochranných oděvů [1]

Speciální pracovní ochranné oděvy pro hasiče, dále už jen zásahové oděvy, jsou specifické oděvní součásti, které jsou určeny k zajištění ochrany horní a spodní části trupu, krku, paží a nohou hasiče, s výjimkou hlavy, rukou a chodidel. Zásahový oděv se skládá z více vrstev, které mají různé funkce. Vnější vrstva oděvu tvoří ochranu proti mechanickému opotřebení, povětrnostním vlivům a mikroorganismům. Měla by být z trvale antistatického materiálu, odolná proti rozříznutí, roztržení, propíchnutí a měla by být ošetřena proti kapalným neagresivním chemickým látkám. Dále by měla být stálobarevná, tepelně odolná a současně ohebná, lehká a pružná i za extrémních teplot. Vlhkostní vrstva by měla pomocí membrány zajišťovat prodyšnost oděvu a umožnit tak odvádění potu od těla hasiče, ale zároveň by měla zabráňovat pronikání vody a kapalných chemikálií k tělu hasiče. I ta by měla být lehká, ohebná a měla by si uchovávat všechny výše uvedené vlastnosti i za extrémních teplot. Poslední, tedy tepelná vrstva plní ochranu proti teplu přenášeného konvekcí, radiací a kondukcí. Měla by být také trvanlivá, ohebná a pružná i za extrémních teplot, aby zajišťovala rovnováhu mezi potřebnou tepelnou ochranou a účinky tepelného stresu [3], [12].

### **3.2 Všeobecné požadavky na ochranné oděvy**

V této podkapitole jsou uvedeny všeobecné požadavky na provedení ochranných oděvů, dle ČSN EN 340.

#### **3.2.1 Základní zdravotní a ergonomické požadavky**

Ochranný oděv musí být navržen a vyroben tak, aby byl:

- Nezávadný – materiál, ze kterého je oděv vyroben splňuje tyto požadavky:
  - nesmí nepříznivě ovlivňovat zdraví nebo hygienu uživatele, za předvídatelných podmínek při běžném používání nebo při degradaci uvolňovat toxické, karcinogenní, alergické nebo jinak škodlivé látky
  - kovové materiály nesmí uvolňovat nikl ve větším množství, jak  $0,5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  týdně
  - hodnota pH oděvu musí být v rozmezí 3,5 až 9,5
  - zajišťovat stálobarevnost oděvu dle EN ISO 105-A02.
- Pohodlný – oděv by měl uživateli poskytovat přiměřenou úroveň pohodlí v souladu s úrovní ochrany před nebezpečím, proti kterému je používán, podmínkami prostředí, úrovni činnosti uživatele a předpokládanou dobou použití.

Ochranný oděv nesmí:

- mít hrubé, ostré a tvrdé povrchy, které dráždí nebo zraňují uživatele

- být tak těsný, aby omezoval krevní oběh
- být tak těžký nebo volný, aby bránil v pohybu.

Tam, kde je to vhodné, musí být oděv zhotoven z materiálů s nízkou odolností vůči vodním parám a nebo naopak s vysokou prodyšností, či dostatečným větráním, které sníží nepohodlí a tepelnou zátěž [5].

Oděv by měl být také co nejlehčí, aniž by tím byla ovlivněna jeho pevnost a účinnost (velká hmotnost oděvu může vést k rychlému vyčerpání nositele).

- Provedení – stavba ochranného oděvu by měla usnadňovat jeho správné umístění na uživateli, zajišťovat setrvání na místě po předvídatelnou dobu používání a musí být taková, aby při očekávaných pohybech uživatele nezůstaly nezakryté žádné části těla. Dále musí být stanoveny minimální hodnoty mechanických vlastností pro hodnocení pevnosti oděvů [5].

### **3.2.2 Stárnutí**

Stárnutí oděvu se řeší pouze z pohledu požadavků na stálobarevnost (zejména na škodlivé účinky změn barvy), čištění (rozměrové změny po vyprání nebo po chemickém vyčištění) a metod praní a chemického čištění [5].

### **3.2.3 Označení velikostí**

Ochranný oděv musí být označen velikostí podle tělesných rozměrů, případné výjimky musí být stanoveny v příslušných výrobních normách. Označení velikosti každého oděvu musí zahrnovat tělesné rozměry kabátu (obvod hrudníku a výška) a kalhot (obvod pasu a výška) [5].

### **3.2.4 Značení**

Každá součást ochranného oděvu musí být označena:

- v úředním jazyce státu určení
- na výrobku nebo na visačce u výrobku
- aby byla viditelná a čitelná
- trvanlivá po příslušném počtu čistících procesů.

Značení a piktogramy by měly být dostatečně velké, aby byly srozumitelné a čitelné [5].

### 3.2.5 Informace výrobce

Ochranné oděvy musí být dodávány s písemnými informacemi v úředním jazyce státu určení. Všechny informace musí být jednoznačné [5].

### 3.3 Technické požadavky na ochranné oděvy

- Šíření plamene: Materiály, z kterých jsou zhotoveny ochranné oděvy musí splňovat určitý index šíření plamene (3), dle ČSN EN ISO 15025:2002, nesmí se na něm vytvořit díry (ty materiály, které jsou určeny pro tepelnou ochranu).
- Přestup tepla – plamen: Sestava oděvu se zkouší podle ČSN EN 367, musí dosáhnout úrovní provedení a být klasifikována dle tabulky 1 uvedené v ČSN EN 469.
- Přestup tepla – sálavé teplo: Sestava oděvu se zkouší dle ČSN EN ISO 6942, musí dosáhnout úrovní provedení a být klasifikována dle tabulky 2 uvedené v ČSN EN 469.
- Zbytková pevnost materiálu v tahu po vystavení účinkům sálavého tepla: Zkoušky se provádí podle ČSN EN ISO 13934-1 nebo ČSN EN ISO 1421:1998 a nebo ČSN EN ISO 6942:2002. Každé zkušební těleso musí mít pevnost v tahu minimálně 450 N.
- Tepelná odolnost: Podle zkoušky, která je popsána v ČSN ISO 17493, se žádný materiál použitý v oděvní sestavě nesmí vznítit nebo tavit a nesmí se srazit o více jak 5 %.
- Pevnost v tahu: Zkoušky se provádí podle ČSN EN ISO 13934-1 nebo ČSN EN ISO 1421:1998. Každé zkušební těleso musí mít pevnost v tahu minimálně 450 N v podélném i příčném směru.
- Pevnost v roztržení: Vnější materiál musí mít pevnost v roztržení  $\geq 25$  N v podélném i příčném směru. Zkouška se provádí dle ČSN EN ISO 4674-12003, nebo ČSN EN ISO 13937-2:2000
- Povrchové smáčení: Zkoušený vnější materiál musí mít stupeň zkrápění  $\geq 4$ . Zkouška se provádí dle ČSN EN 24920.
- Změna rozměrů: Dle ČSN ISO 5077 musí být změna rozměrů zkoumaného materiálu menší než 3 %.
- Odolnost proti průniku kapalných chemikálií: Po dobu 10 s nesmí dojít k průniku chemikálie na nejspodnější povrch a materiál musí vykazat stupeň odpudivosti větší než 80 %. Zkoušku popisuje ČSN EN ISO 6530.



- Odolnost proti průniku vody: Při zkoušení dle ČSN EN 20811, musí vrstva oděvu poskytující odolnost proti průniku vody dosáhnout jedné z úrovní uvedené v ČSN EN 469.
- Odolnost vůči vodní páře: Při zkoušení dle ČSN EN 31092, musí vrstva oděvu poskytující odolnost proti průniku vody dosáhnout jedné z úrovní uvedené v ČSN EN 469.
- Viditelnost: Každý reflexní/fluorescenční materiál musí vyhovovat požadavkům, které jsou uvedeny v ČSN EN 469, v příloze B [3].

### 3.4 Technické podmínky ochranného oděvu

Technické podmínky ochranného oděvu jsou splněny za předpokladu, že:

- Ochranný oděv splňuje požadavky ČSN EN 469 a ČSN EN 1149-1.
- Ochranný oděv je tvořen dvoudílným oděvem, skládajícím se z kabátu a kalhot. Překrytí kabátu přes kalhoty je nejméně 30 cm. Podle potřeby se k ochrannému oděvu používají oděvní doplňky. Překrytí mezi kabátem a kalhotami, při provádění cvičení souvisejícího s prací při ergonomických a praktických zkouškách užitečných vlastností, musí být trvalé při jakékoliv pozici částí těla nebo při pohybech během těchto cvičení.
- Konstrukčně se ochranný oděv skládá ze svrchní vnější oděvní součásti a spodní oděvní součásti. Pokud je spodní oděvní součást odepínatelná od svrchní, tvoří společně sestavu. V případě, že jsou základní bezpečnostní požadavky podle ČSN EN 469 splněny pouze pro sestavu, musí být tato informace uvedena na štítcích obou oděvních součástí.
- Materiál svrchní vnější oděvní součásti by měl být:
  - odolný proti oděru
  - stálobarevný
  - trvale antistatický
  - proveden v barvě námořnická modř.
- V ochranném oděvu může být vsítý bezpečnostní polohovací opasek certifikovaný dle požadavků ČSN EN 469 a ČSN EN 358.
- Po odborných opravách ochranného oděvu se jeho ochranné vlastnosti nemění.
- Ochranný oděv, svrchní vnější oděvní součást a spodní oděvní součást, lze prát ve vodě 60°C teplé, při dodržení požadavků ČSN EN 469.

- Na vnitřní straně svrchní vnější oděvní součásti a na spodní oděvní součásti je stabilním způsobem upevněn štítek s textem v českém jazyce, s údaji a se značením podle ČSN EN 340 a piktogramem podle ČSN EN 469, dále je zde uveden datum výroby a výrobní číslo [4].

### 3.4.1 Kabát

- Kabát je v provedení s jednořadovým zapínáním a se vsazovanými rukávy.
- Kabát má:
  - zapínání zdrhovadlem, které je překryto krycí částí, což je jištěno stuhovým uzávěrem, případně stuhovým uzávěrem s kovovými karabinami (zapínání zdrhovadla je umožněno v ochranných rukavicích, které splňují požadavky ČSN EN 659)
  - nejméně dvě boční svrchní kapsy s patkou na zapnutí stuhovým uzávěrem proti vnikání mechanických nečistot a padající vody
  - jednu vnitřní kapsu o rozměru 150 x 180 mm opatřenou zdrhovadlem nebo knoflíkem
  - v horní levé přední hrudní části svrchní kapsu pro umístění radiostanice (kapsa je v takovém provedení, aby bylo zabezpečeno upevnění radiostanice při prudkém předklonu, běhu a práci hasiče)
  - uzávěrky rukávů z nehořlavého úpletu s palečnicí zabráňující shrnování rukávů
  - systém signalizující vyjmutí spodní oděvní součásti (je řešen pruhem barvy oranžové podle barevnice PANTONE 16 - 1542 PC, který pomocí stuhového uzávěru spojuje svrchní vnější oděvní součást a spodní oděvní součást).
- Na kabátě, v jeho horní pravé přední části, může být přišit nesnadno hořlavý stuhový uzávěr, o rozměrech 125 x 25 mm, určený pro osobní evidenční číslo nebo jmenovku.
- Jmenovka nebo osobní evidenční číslo je z podkladového materiálu shodného se svrchní vnější oděvní součástí, našitého na část stuhového uzávěru s háčky o rozměrech 125 x 25 mm.
- Jmenovku nebo osobní evidenční číslo tvoří vyšíváný rámeček o síle 2,3 mm se stuhovým uzávěrem na rubu a vyšíváné jméno a příjmení nebo osobní evidenční číslo s výškou písma nejvýše 8,2 mm a šířkou písma přizpůsobenou délce jména a příjmení. Výška čísla je 15 mm. Příjmení je provedeno velkými tiskacími písmeny. Barva písma, čísel a rámečku je zlatá č. 1189 podle barevnice MARATHON [4].

### 3.4.2 Kalhoty

- Kalhoty mají
  - zvýšený pas a šle
  - rozparek s překryvem a fixací, která zabraňuje jeho rozevření při práci.
- Velikost obvodu pasu kalhot lze upravit, a to například všitou gumou nebo páskem na regulaci [4].

### 3.4.3 Reflexní značení

- Reflexní značení tvoří nápis "HASIČI" a reflexní pásy jsou o nejmenší šířce 50 mm.
- Nápis "HASIČI" je v barvě vrchní vnější oděvní součásti a v reflexním rámečku žluté barvy o rozměrech 330 x 75 mm. Výška písma (bez háčku) je 60 mm, šířka písma je 12 mm. Nápis je proveden velkými tiskacími písmeny switzerland bold.
- Reflexní rámeček s nápisem "HASIČI" je umístěn na horní zadové části kabátu nad reflexním pruhem.
- Reflexní pás, který splňuje parametry odpovídající požadavkům ČSN EN 471, se skládá ze tří pruhů v barvě žluté a stříbrné. Horní a dolní třetina jeho šířky je barvy žluté a prostřední třetina barvy stříbrné. Reflexní pás je umístěn ve vodorovné linii po obvodu:
  - kabátu ve výši prsou a umožňuje umístění reflexního rámečku s nápisem dle bodu 3
  - spodní části kabátu, za podmínky, že jeho spodní okraj je ve vzdálenosti nejméně 50 mm od spodního okraje kabátu
  - rukávů kabátu ve výši prsou a ve spodní části rukávů, přičemž jeho spodní okraj je ve vzdálenosti 140 mm od dolního okraje rukávu
  - spodní části nohavic, přičemž jeho spodní okraj je ve vzdálenosti 240 mm od dolního okraje nohavic [4].

### 3.4.4 Doplnky ochranného oděvu

- Pod ochranný oděv mohou být použity oděvní doplňky, které svým provedením splňují normu ČSN 80 5004, vykazují lepší nebo stejnou nehořlavost a odvod vlhkosti od těla v porovnání s tkaninami trik s dlouhými nebo krátkými rukávy a splní požadavky podle ČSN EN 533.

- Oděvní doplňky k ochrannému oděvu jsou používány pro zvýšení komfortu pohybu a zlepšení tepelné pohody pod ochranným oděvem (například snížením tepelného stresu nebo zvýšením odolnosti proti mrazu).
- Mezi doplňky ochranného oděvu patří spodní prádlo, kterým jsou zejména nátělníky s dlouhými nebo krátkými rukávy stejného střihu jako trika s dlouhými a krátkými rukávy, spodky a dále také prostředky pro ochranu hlavy a krku před účinky tepelného sálání.
- Všechny tyto doplňky jsou v barevném provedení tmavě modré [4].

### **3.4.5 Kukla zimní**

- Kukla je vyrobena z oboulícní pleteniny v tmavě modré barvě dle barevnice Maixner 291. V rozvinutém tvaru kryje hlavu a krk a má otvor pro oči a nos. Ve svinutém tvaru kryje hlavu.
- Je upletena z oboulícní pleteniny s pevným začátkem z jednoho dílu úpletu. Vystřížena je do požadovaného tvaru s jedním otvorem pro oči a nos. Otvor je lemován pruhem úpletu. Švy jsou sešité na čtyřnitném stroji. Šířka švu je maximálně 8 mm. Počet stehů na 10 cm je minimálně 42.
- Materiálové složení je 30 % vlna a 70 % acryl. Síla příze je 32/2 Nm [4].

## 4 Používané laboratorní metody

V této kapitole se zabývám rozбором používaných laboratorních metod k ověření vlastností materiálu zásahového oděvu v ČR.

### 4.1 Metoda stanovení prostupu tepla při vystavení účinku plamene

Prostup tepla oděvem je do značné míry určen jeho tloušťkou, včetně vzduchových mezer mezi jednotlivými vrstvami. Vzduchové mezery mohou být značně rozdílné na různých místech oděvu. Tato metoda umožňuje roztřídění materiálů podle standardních podmínek. Materiály se zařazují podle vypočteného indexu prostupu tepla, který charakterizuje relativní ochranu za určených zkušebních podmínek. Metoda je blíže popsána v ČSN EN 367 [10].

#### 4.1.1 Podstata zkoušky

Zkušební vzorek bez materiálových vad o rozměrech (140 x 140) mm, uložený ve vodorovné poloze, je vystaven dopadajícímu tepelnému toku hustoty  $80 \text{ kW/m}^2$ , z plamene plynového hořáku umístěného pod ním. Teplo, které prostoupí vzorkem, se měří pomocí malého kalorimetru, který je v přímém kontaktu s horním povrchem vzorku.

Čas, za který dojde ke zvýšení teploty kalorimetru o  $(24 \pm 0,2) ^\circ\text{C}$ , se zaznamená. Zkouška se opakuje třikrát a vypočítaný průměr je výsledný „index prostupu tepla (plamenem)“

Zkušební zařízení, které je znázorněno na Obr. 2 obsahuje plynový hořák, měděný kotoučový kalorimetr, rám na uložení vzorku, ustavovací desky kalorimetru, stojan a měřicí zařízení [10].

#### 4.1.2 Postup zkoušky

Rám, na kterém je vzorek uložen, se umístí ve vzdálenosti 50 mm nad horní plochou hořáku. Hořák se zapálí, nastaví se přívod plynu a počká se, až se plamen ustálí. Termočlánek se připojí na studený spoj a zavede do záznamového zařízení. Plamen se nastaví podle hustoty tepelného toku změřeného kalorimetrem. Ustavovací deska kalorimetru se umístí na rám pro uložení vzorku a kalorimetr se vloží do otvoru v ustavovací desce, měděným kotoučem dolů. Hořák se rychle přesune pod kalorimetr a v této poloze zůstane 10 s. Pro stanovení rychlosti růstu teploty ve  $^\circ\text{C}$  za sekundu je třeba zohlednit tabulku elektromotorických sil normovaných termočlánků.

Hustota tepelného toku se určí podle rovnice:

$$Q = \frac{M \cdot C_p \cdot R}{A} \quad (1)$$

M - hmotnost měděného kotouče [kg],

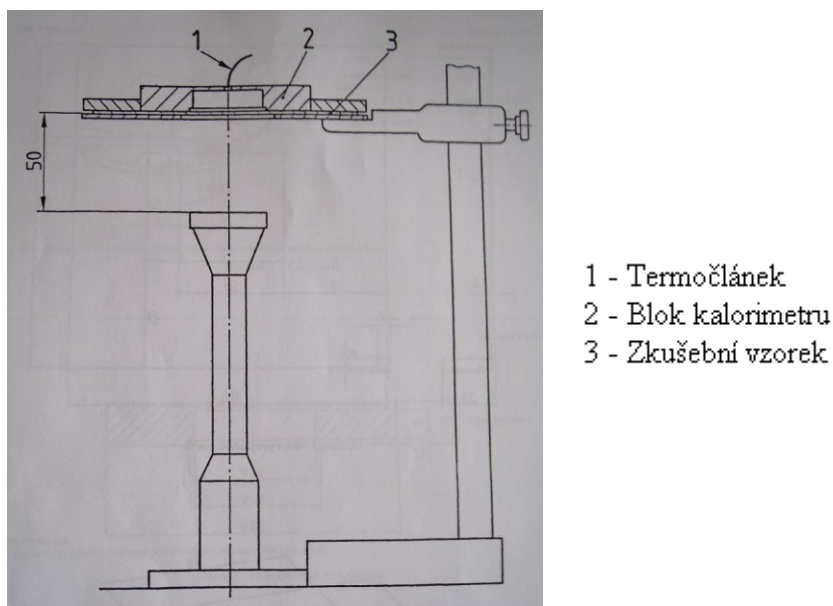
C<sub>p</sub> - měrné teplo mědi [J/kg],

R - rozsah zvýšení teploty kotouče v lineární oblasti [°C/s],

A - plocha kotouče [m<sup>2</sup>].

Hustota tepelného toku stanovená tímto způsobem se nesmí lišit od předepsané (80 kW/m<sup>2</sup>), o více než ± 5 %.

Vnější vrstva zkušební vzorku se položí lící stranou dolů a na vzorek se položí ustavovací deska kalorimetru. Hořák se opatrně přesune do polohy pod vzorek a současně se zapne záznamové zařízení. Zkouška trvá, dokud se teplota nezvýší o (24 ± 0,2)°C, zaznamenávají se všechny změny vzhledu vzorku. Poté se hořák zhasne a vypne záznamové zařízení. Celý proces se opakuje s dalšími dvěma vzorky a z průměru časů, které byly zjištěny v těchto procesech, se vypočítá index prostupu tepla [10].



Obr. 2 Sestava zkušebních zařízení pro metodu při vystavení účinku plamene [10]

## 4.2 Metoda hodnocení materiálu a kombinací materiálů vystavených sálavému teplu

Tato zkušební metoda je podrobně popsána v ČSN EN ISO 6942, která stanoví dvě zkušební metody. Ty mohou být použity na všechny druhy materiálů. S ohledem na zamýšlené použití materiálu musí být správně vybrána hustota tepelného toku. Hasiči mohou

být vystaveni nízké intenzitě sálání po dlouhou dobu, střední intenzitě po krátkou dobu a nebo vysoké intenzitě po velmi krátkou dobu.

#### 4.2.1 Podstata zkoušky

Zkouška probíhá v místnostech, kde nedochází k proudění vzduchu a teplota se pohybuje v rozmezí (15 – 35) °C. Zkušební vzorky o rozměrech (230 x 80) mm se 24 h před zkouškou klimatizují v prostředí o teplotě (20 ± 2) °C a relativní vlhkosti (65 ± 2) %. Kalorimetr musí být před zkouškou ochlazen na teplotu místnosti ± 2 °C. Hustota tepelného toku by měla mít úroveň:

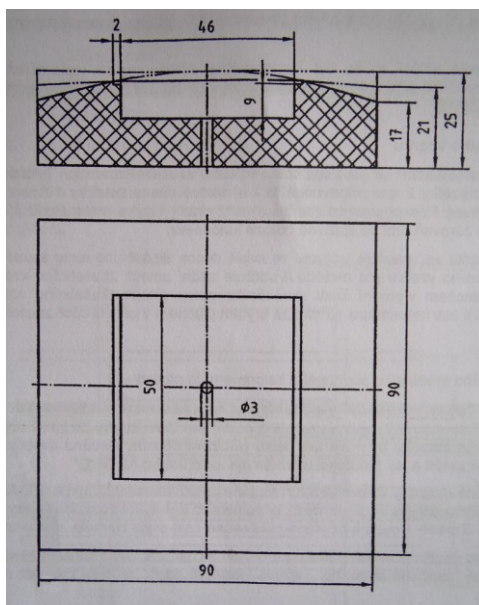
- nízkou – 5 kW/m<sup>2</sup> a 10 kW/m<sup>2</sup>
- střední – 20 kW/m<sup>2</sup> a 40 kW/m<sup>2</sup>
- vysokou – 80 kW/m<sup>2</sup>

Metoda A slouží k vizuálnímu posouzení změn materiálu po působení sálavého tepla. Zkušební vzorek je vystaven určité úrovni sálavého tepla po určitou dobu. Úroveň sálání je regulována změnou vzdálenosti vzorku se zdrojem tepla.

Metodou B se zjišťuje ochranný účinek materiálu. Zkušební vzorek je vystaven určité úrovni sálavého tepla po dobu, než dojde k nárůstu teploty o 12 °C a poté o 24 °C. Tyto doby se zaznamenají a vyjádří jako index přestupu sálavého tepla. Procentní součinitel prostupu tepla se spočítá z údajů o nárůstu teploty.

Zkušební zařízení se skládá z:

- zdroj sálání – po pěti minutách činnosti by měla být teplota tyčí kolem 1100 °C
- držák zkušebního vzorku – pro metody A a B se použijí rozdílné držáky
- kalorimetr – uveden na Obr. 3 je zhotoven z ohnutého měděného plechu (50 x 50,3) mm na kterém je připevněn termočlánek. Tento plech je vložen do základové desky z izolačního materiálu o rozměrech (90 x 90 x 25) mm
- zařízení k měření a zaznamenávání teploty – umožňuje přesnost záznamu napětí s rozlišením 10 μV a času 0,1 s [11].



Obr. 3 Kalorimetr [11]

#### 4.2.2 Postup zkoušky

Před samotnou zkouškou je nejprve zapotřebí provést kalibraci. Před kalibrací se musí čelní povrch kalorimetru začernit nátěrem s vysokým součinitelem absorpce  $\alpha$ , dále se kalorimetr upevní v otvoru svislé desky zkušebního rámu. Zdroj sálání se umístí ve vzdálenosti  $d$  od kalorimetru a po zapnutí zařízení pro měření teploty, se zahřívá až do dosažení konstantního sálání. Kalibrace začíná tím, že se vytáhne clona na dobu nárůstu teploty o 30 °C. Zaznamenaný výkon by měl nejprve vykazat krátký nelineární průběh závislosti mezi teplotou a časem a následovat by měl lineární průběh. Ke stanovení míry nárůstu teploty v tomto lineárním průběhu  $R$ , vyjádřené v °C/s, se použije tabulek. Hustota tepelného toku  $Q$ , v kW/m<sup>2</sup> se poté vypočte z rovnice:

$$Q = \frac{M \cdot C_p \cdot R}{A \cdot \alpha} \quad (2)$$

kde je:

$M$  - hmotnost měděné destičky [kg],

$C_p$  - měrné teplo mědi [J/kg],

$R$  - míra nárůstu teploty kalorimetru v lineárním průběhu [°C/s],

$A$  - plocha měděné destičky [m<sup>2</sup>],

$\alpha$  - součinitel absorpce nabarveného povrchu kalorimetru [m<sup>-1</sup>].

Změnou vzdálenosti  $d$  mezi zdrojem sálání a kalorimetrem se přizpůsobí hustota tepelného toku na požadovanou úroveň  $\pm 2$  %.



K metodě A je zapotřebí jeden zkušební vzorek. Jedna užší strana vzorku se připevní k bočníci držáku a druhá se natáhne přes druhou postranici, přidrží se tahem síly 2 N. Držák vzorku se vsune do svislé desky tak, aby vnější povrch zkušební vzorku byl ve stejné poloze jako přední plocha kalorimetru při kalibraci. Zdroj sálání se upevní ve vzdálenosti  $d$ , ze které vyzařuje hustotu dopadajícího tepelného toku  $Q_0$ . Poté se zdroj zapne a jak dosáhne ustáleného stavu, clona se otevře a za 3 min zas uzavře. Po ukončení sálání se vzorek prozkoumá a jakékoli změny se zaznamenají.

K metodě B jsou zapotřebí tři zkušební vzorky pro každou úroveň tepelného toku. Zkušební vzorek se připevní k jedné z bočnic držáku a přidrží se v dotyku s přední plochou kalorimetru působením síly 2 N. Zdroj sálání se upevní ve vzdálenosti  $d$ , ze které vyzařuje hustotu dopadajícího tepelného toku  $Q_0$ . Otevře se clona a zaznamenává počáteční bod sálání, poté se opět po dosažení nárůstu teploty o 30 °C uzavře. Stanoví se čas  $t_{12}$ , za který narostla teplota o 12 °C a čas  $t_{24}$ , za který narostla teplota o 24 °C. Hustota dopadajícího tepelného toku  $Q_c$  se vypočte z rovnice:

$$Q_c = \frac{M \cdot C_p \cdot 12}{A \cdot (t_{24} - t_{12})} \quad (3)$$

Kde je:

$M$  – hmotnost měděné destičky [kg],

$C_p$  – měrné teplo mědi [J/kg],

$12/(t_{24} - t_{12})$  – průměrná míra nárůstu teploty kalorimetru v °C/s v průběhu nárůstu mezi 12 °C a 24 °C,

$A$  – plocha měděné destičky [m<sup>2</sup>].

Součinitel přestupu tepla  $TF(Q_0)$  pro hustotu dopadajícího tepelného toku  $Q_0$  je pak dán rovnicí:

$$TF(Q_0) = \frac{Q_c}{Q_0} \quad (4)$$

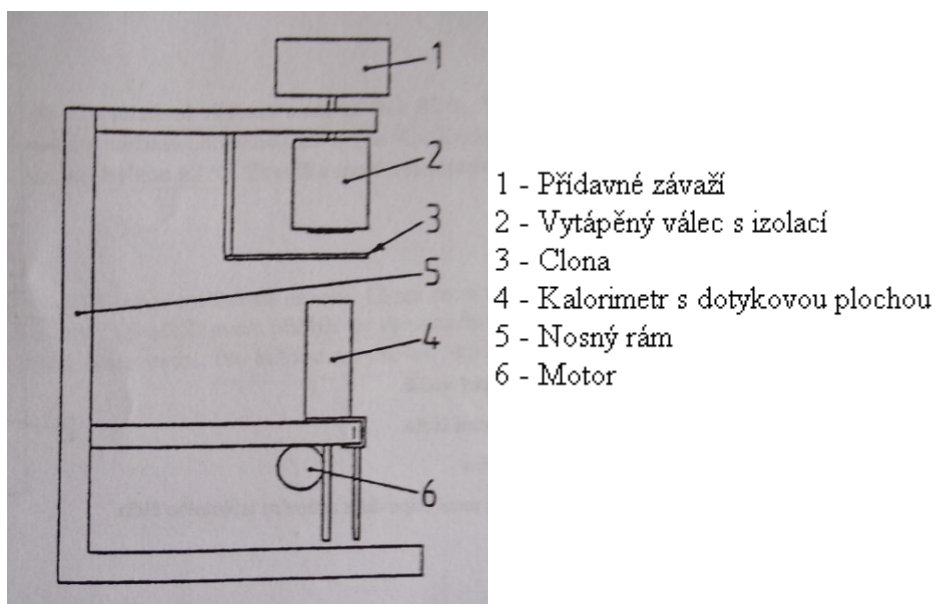
Index přestupu sálavého tepla pro hustoty dopadajícího tepelného toku  $Q_0$  se stanoví jako průměr času  $t_{24}$  [11].

### 4.3 Metoda pro stanovení prostupu tepla ochranným oděvem při dotyku

Tuto metodu popisuje ČSN EN 702, která je použitelná pro ochranné oděvy určené k ochraně proti vysokým dotykovým teplotám, které jsou v rozmezí 100 °C až 500 °C.

Pro každou dotykovou teplotu se používají nejméně 3 kruhové zkušební vzorky o průměru 80 mm.

Zkušební sestava se skládá z vytápěného válce, kalorimetru, clony, motoru a nosného rámu, jak je znázorněno na Obr. 4.



Obr. 4 Zkušební sestava [13]

Vytápěný válec se zahřeje na zvolenou konstantní dotykovou teplotu a kalorimetr na teplotu místnosti s možnou odchylkou  $\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Poté se zkušební vzorek položí na kalorimetr tak, aby jeho vnější strana směřovala vzhůru. Clona mezi vzorkem a válcem se odstraní a kalorimetr se vzorkem se začnou přibližovat konstantní rychlostí  $(5 \pm 0,2)\text{ mm/s}$  vzhůru k válci tak, aby došlo k dotyku. Během zkoušky se zaznamenává teplota kalorimetru. Určí se limitní čas, tj. čas mezi začátkem měření a okamžikem, kdy teplota kalorimetru je o  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  vyšší než jeho počáteční [13].

## 5 Zásahové oděvy

V této kapitole se budu zabývat porovnáním takticko-technických parametrů zásahových oděvů používaných u HZS ČR. Oděvy, které HZS ČR nejvíce používá, jsou znázorněné v Tab. 1. Informace o používaných oděvech jsem čerpal od zástupců HZS jednotlivých krajů ČR, na základě e-mailové dotazníkové korespondence.

Tab. 1 Používané oděvy u HZS ČR

KRAJ	Typ oděvu	Stav	Výrobce
Liberecký	FIREMAN TIGER	Nakupován	DEVA
	FIREMAN IV a V	Do vymošení	DEVA
Karlovarský	FIREMAN V	Do vymošení	DEVA
	TIGER	Nakupován	DEVA
	TIGER Plus	Nakupován	DEVA
Zlínský	FIREMAN V	Do vymošení	DEVA
	GoodPRO FR 3 FireHorse	Nakupován	VOCHOC
	TIGER Plus	Používán	DEVA
Moravskoslezský	FIREMAN V	Do vymošení	DEVA
	TIGER Plus	Nakupován	DEVA
Plzeňský	GoodPRO FR 3 FireHorse	Nakupován	VOCHOC
Královehradecký	FIREMAN V Diamond	Do vymošení	DEVA
	FIREMAN TIGER	Nejrozšířenější	DEVA
	TIGER Plus	Nakupován	DEVA
Pardubický	FIREMAN V	Do vymošení	DEVA
	FIREMAN TIGER	Nakupován	DEVA
	GoodPRO FR 3 FireHorse	Nakupován	VOCHOC
Ústecký	TIGER Plus	Nejrozšířenější	VOCHOC
Jihočeský	FIREMAN IV	Do vymošení	DEVA
	FIREMAN V	Do vymošení	DEVA
	FIREMAN TIGER	Nakupován	DEVA
Vysočina	FIREMAN III	Do vymošení	DEVA
	FIREMAN TIGER	Do vymošení	DEVA
	TIGER Plus	Nakupován	DEVA
Praha	FIREMAN V	Do vymošení	DEVA
	FIREMAN TIGER	Nakupován	DEVA
Jihomoravský	FIREMAN V	Do vymošení	DEVA
	FIREMAN TIGER	Nakupován	DEVA
Středočeský	FIREMAN V	Do vymošení	DEVA
	FIREMAN TIGER	Nakupován	DEVA
Olomoucký	FIREMAN V	Do vymošení	DEVA
	TIGER Plus	Nakupován	DEVA

## 5.1 GoodPRO FR3 FireHorse

Zásahový oděv GoodPRO FR3 FireHorse je uveden na Obr. 5 a jeho složení na Obr. 6

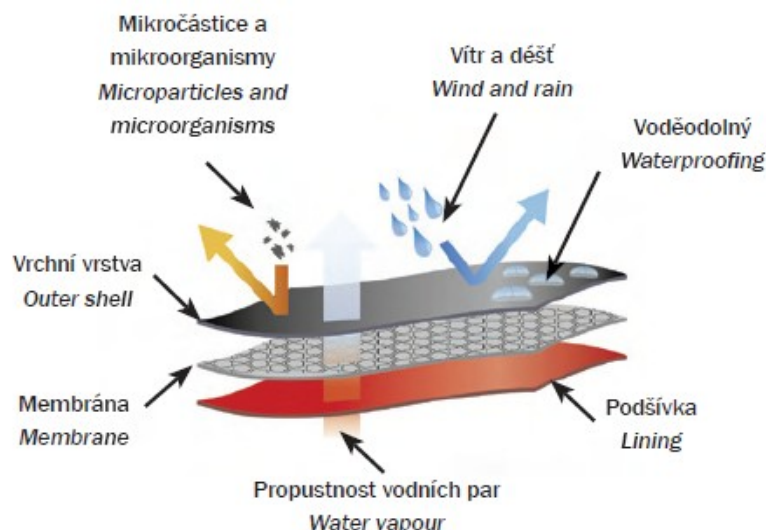


Obr. 5 Zásahový oděv GoodPRO FR3 FireHorse [8]

- Výrobce  
VOCHOC, s.r.o.  
Domažlická 216/38, Plzeň  
www: <http://www.vochoc.cz>  
Od roku 1991 se zabývá vývojem a výrobou osobních ochranných prostředků pod značkou GoodPRO.

### 5.1.1 Materiálové složení vrstev oděvu

- Vrchní vrstva: 53% KERMEL, 39% Lenzing FR, 6% Technora, 2% uhlíková vlákna, vazba RipStop, gramáž  $230 \text{ g/m}^2$ , FC úprava proti vodě a chemickým kapalinám.
- Vnitřní vrstva: PU membrána TOPAZ nalamínovaná na úpletu Interlock, gramáž  $140 \text{ g/m}^2$ .
- Spodní izolační vrstva s podšívkou: 50% Aramid, 50% Lenzing FR, prošev, gramáž  $250 \text{ g/m}^2$ .



Obr. 6 Složení vrstev oděvu GoodPRO FR3 FireHorse [8]

### 5.1.2 Popis

- Tento zášahový ochranný oděv se skládá z kabátu a kalhot s reflexními pásy 3M Scotchlite a nápisem HASIČI v reflexním rámečku.
- Je tvořen třívrstvou konstrukcí - vrchní vrstva s FC úpravou, paropropustná membrána a vnitřní izolační vrstva s podšívkou.
- Mimořádně tepelně exponovaná místa kabátu i kalhot (ramena, prsa, stehna), jsou zesílena další izolační vrstvou s 3D profilem.
- Kapsy jsou poloměchové našité tak, aby nezasahovaly do ochranné konstrukce oděvu. Jsou kryté klopami s poutky pro snadnější dostupnost i v zášahových rukavicích. Všechny kapsy jsou opatřeny odtokovými otvory. Kapsa na radiostanici je měchová, našitá, odpovídající velikosti pro dobrou manipulaci a lepší slyšitelnost vysílačky (Obr. 7).
- Zip, krycí léga a límec jsou upraveny tak, aby dokonale bránily průniku tepla do exponované oblasti krku (Obr. 7).
- Spodní vnitřní okraj rukávů, nohavic i kabátu je opatřen dostatečně vysokou zábranou proti vzlínání vody do vnitřní struktury oděvu.
- Nejen kolena, ale i okraje nohavic jsou vyztuženy speciální tkaninou pro vysokou mechanickou zátěž (Obr. 7).
- Na bocích zvýšeného pasu kalhot jsou pásy se sponou na rychlou korekci jeho šířky. V oblasti zad je pas ještě dodatečně zvýšen.

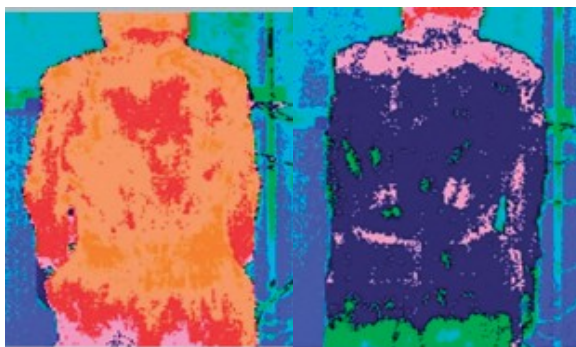
- Nad spodním okrajem nohavic je našitý pásek se stuhovým uzávěrem pro rychlé a snadné zúžení nohavic, které efektivně zabrání pronikání tepla do nohavic (Obr. 7).
- Volitelně je kabát vybaven vnějším poutkem pro snadné zachycení dýchací masky v pohotovostní poloze, krytým uchycením klíčovacího tlačítka náhlavní soupravy a kovovým D kroužkem pod kapsou na vysílačku.



Obr. 7 Detaily provedení oděvu GoodPRO FR3 FireHorse [8]

Jak už bylo zmíněno výše, oděv je vyroben z materiálů s vlákny Lenzing FR. Nejvýznamnějším přínosem tohoto materiálu je komfort užívání ochranných oděvů. Díky přírodní podstatě vláken Lenzing FR jsou GoodPRO oděvy dokonale prodyšné a oproti ochranným oděvům ze 100% aramidu, velmi dobře propouští tělesné teplo. Člověk se pak v těchto oděvech při práci nepřehřívá a je dobře termoregulován za všech okolností.

Mimořádná prodyšnost tohoto materiálu byla potvrzena srovnávacím testem na Medicínské univerzitě v Grazu, který provedla společnost Lenzing AG. Na termosnímku testovaného oděvu s vlákny Lenzing FR (Obr. 8), který je pořízen ve speciální klimatizované komoře se stálou teplotou 35°C, je patrné, že při fyzické zátěži tělesné teplo proniká oděvem pryč od těla figuranta, na rozdíl od oděvu ze 100% aramidu, který tělesné teplo nepropouští. Srovnání tepelné propustnosti oděvů s vlákny Lenzing FR (levý snímek) a 100 % aramid (pravý snímek) (Obr. 8) [8].



Obr. 8 Srovnání tepelné propustnosti oděvů [8]

Tento zásahový oděv splňuje normy, které jsou uvedené na Obr. 9.



Obr. 9 Normy, které splňuje oděv GoodPRO FR3 FireHorse [8]

## 5.2 TIGER Plus

Zásahový oděv TIGER Plus je uveden na Obr. 10.



Obr. 10 Zásahový oděv TIGER Plus [9]

- Výrobce:  
Společnost DEVA F-M. s.r.o.  
Collo-louky 2140, Frýdek-Místek  
www: <http://www.deva-fm.cz>

### 5.2.1 Materiálové složení vrstev oděvu

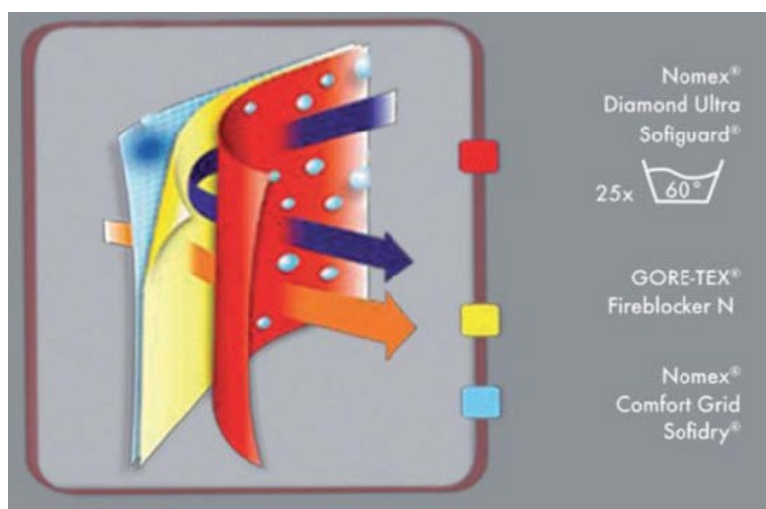
- Vrchní vrstva: NOMEX Diamond Ultra, 210 g/m<sup>2</sup> - SOFIGUARD®

- Vnitřní vrstva: GORE-TEX Fireblocker N, 140 g/m<sup>2</sup>
- Spodní izolační vrstva: NOMEX Comfort Grid, 200 g/m<sup>2</sup> - SOFIDRY®

Toto materiálové složení je zobrazeno na Obr. 11.

SOFIGUARD – Speciální úprava na vnější tkanině, která zajišťuje ochranu proti kapalným chemikáliím

SOFIDRY – Technologie přenosu a odvodu vlhkosti



Obr. 11 Složení vrstev oděvu TIGER Plus [9]

### 5.2.2 Popis

- Zesílení ramenních a kolenních částí materiálem KEVLAR a Silicone.
- Prodloužená zadní délka kabátu o 5 cm, proti účinku tzv. komínového efektu.
- Na boku kabátu jsou umístěné 2 šikmé kapsy, pro přirozený pohyb rukou.
- Ve spodní části nohavic je umístěna elastická manžeta.
- Váha kompletního oděvu je 3,2 kg.
- Součástí oděvu jsou reflexní pásy Scotchlite.
- Testováno na THERMO-MAN v Ženevě (příloha E podle EN 469:2005) [9].

Tento zásahový oděv splňuje normy, které jsou uvedené na Obr. 12.



Obr. 12 Normy, které splňuje oděv TIGER Plus [9]



## 5.3 FIREMAN V

Zásahový oděv FIREMAN V je uveden na Obr. 13



Obr. 13 Zásahový oděv FIREMAN V [9]

- Výrobce:  
Společnost DEVA F-M. s.r.o.  
Collo-louky 2140, Frýdek-Místek  
[www: http://www.deva-fm.cz](http://www.deva-fm.cz)

### 5.3.1 Materiálové složení vrstev oděvu:

- Vrchní vrstva: NOMEX Tough, 195 g/m<sup>2</sup>
- Vnitřní vrstva: GORE-TEX Fireblocker N, 140 g/m<sup>2</sup>
- Spodní izolační vrstva: PARALINEX II, 230 g/m<sup>2</sup>

### 5.3.2 Popis:

- Všechny vrstvy jsou vyrobené z materiálu NOMEX.
- Výborné tepelně-izolační vlastnosti.
- Součástí oděvu je vyjímatelná vložka – snadná údržba a opravy.
- Testováno na THERMO-MAN v Ženevě (příloha E podle EN 469:2005) [9].

Tento zásahový oděv splňuje normy, které jsou uvedené na Obr. 14.



Obr. 14 Normy, které splňuje oděv FIREMAN V [9]

## 5.4 FIREMAN TIGER

Zásahový oděv FIREMAN TIGER je uveden na a Obr. 15.



Obr. 15 Zásahový oděv FIREMAN TIGER [9]

- Výrobce:  
Společnost DEVA F-M. s.r.o.  
Collo-louky 2140, Frýdek-Místek  
www: <http://www.deva-fm.cz>

### 5.4.1 Materiálové složení vrstev oděvu

- Vrchní vrstva: NOMEX Tough DIAMOND, 200 g/m<sup>2</sup> - SOFIGUARD
- Vnitřní vrstva: GORE-TEX Fireblocker N, 140 g/m<sup>2</sup>
- Spodní izolační vrstva: NOMEX Comfort Grid, 200 g/m<sup>2</sup> - SOFIDRY

### 5.4.2 Popis

- Jedná se o oblek s kratším kabátem a kalhoty s vyvýšeným pasem.
- Celková hmotnost obleku je 2,85 kg, což představuje materiálová skladba 540 g/m<sup>2</sup>.
- Vnější vrstva zásahového obleku má povrchovou úpravu SOFIGUARD splňující ČSN EN ISO 6530 (Ochrana proti kapalným chemikáliím)
- Podšívka je upravena technologií SOFIDRY, která představuje permanentní odvod tepla a vlhkosti. Nezadržuje vlhkost a je naopak velmi prodyšná, zajišťuje snadné a rychlé větrání a schnutí.
- Zesílená oblast kolen a zápěstí pomocí manžety.
- Ventilační kroužky zajišťující odvětrání vrstev na konci rukávů.
- Micro Rip-Stop vazba – dvojnásobná pevnost v trhu [9].

Tento zásahový oděv splňuje normy, které jsou uvedené na Obr. 16.



Obr. 16 Normy, které splňuje oděv FIREMAN TIGER [9]

## 6 Fiziologické reakce lidského organismu na teplo

Popáleninové poranění vzniká dostatečně dlouhým, přímým nebo nepřímým působením nadprahové hodnoty tepelné energie na lidský organismus. Dochází k částečné či úplné destrukci kůže, eventuelně hlubších tkání. Popáleniny dělíme na tři stupně:

- Popáleniny I. stupně – lokální známky zánětu: otok, bolest, zarudnutí
- Popáleniny II. Stupně – porušení celistvosti kožního krytu, porušena bariéra proti infekci, bolest, tvorba puchýřů, otok i okolní tkáně.
  - IIa. Povrchní poškození – zarudnutí, tvorba puchýřů, okamžitý kapilární návrat, zhojení samovolné, jizvy většinou se změnou pigmentace.
  - IIb. Poškození vrstvy kůže pod pokožkou – cihlově červené zbarvení či zarudnutí, kapilární návrat pomalejší, ale existuje, zhojení trvá několik týdnů, v některých případech je třeba přistoupit k chirurgické léčbě, vznik velkých jizev.
- Popáleniny III. stupně – bělavá plocha, kapilární návrat nenalezen ztráta kůže v celé tloušťce (odumření kůže), Nutnost chirurgického odstranění s následnou autotransplantací.

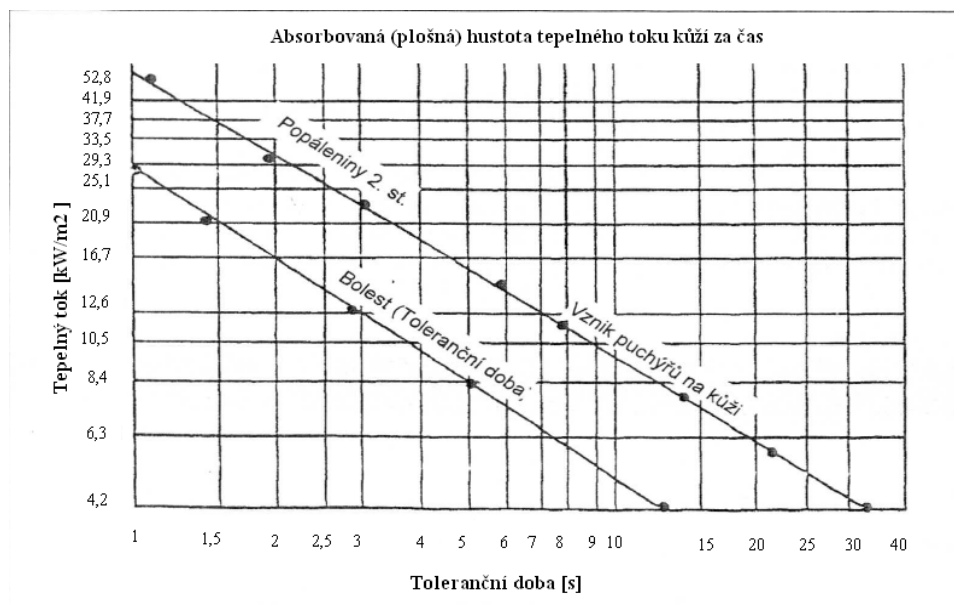
Jako povrchní postižení označujeme popáleniny I. a IIa. stupně (samovolné hojení). Hluboké postižení zahrnuje popáleniny IIb a III. stupně. Přímé tepelné poškození tkání vede také k poruše kapilárního řečiště (porucha polopropustnosti, ucpání cév, eventuelně přímá destrukce v místě popálení). Při malém postižení se tvoří menší otok, při rozsáhlém postižení se tvoří velký otok [23].

Rozsah popálení se udává v procentech celkového tělesného povrchu. (u dospělých hlava + krk = 9 % povrchu těla, přední plocha trupu = 18 % povrchu těla, zadní plocha trupu = 18 % povrchu těla, jedna horní končetina = 9 %, jedna dolní končetina = 18 %, genitál = 1 %). Popálení hodnotíme jako rozsáhlé, těžké, či závažné při překročení určité dolní hranice rozsahu popálené plochy vztahované k věku postižené osoby a hloubce popálení:

- Děti
  - 0 – 3 roky – rozsah popálené plochy II. stupně více než 5 % povrchu těla.
  - 3 – 15 roků – rozsah popálené plochy II. stupně více než 10 % povrchu těla.
  - 0 – 15 roků – popáleniny III. stupně vždy bez přihlédnutí k rozsahu.
- Dospělí – rozsah popálené plochy II. – III. stupně více než 20 % povrchu těla.

U rozsáhle popálených osob již dochází k rozvoji popáleninového šoku. Ten se začíná rozvíjet již v okamžiku úrazu [23].

Nejvýznamnější způsob přenosu tepla při hasebním zásahu je formou sálání. Popálení kůže vnějším sálavým teplem závisí jak na teplotě, na kterou je zahřátá, tak na době působení. Na Obr. 17 jsou znázorněny tepelné expozice vztažené na dobu, za kterou je pociťována bolest nebo vznikají puchýře a popáleniny 2. stupně, na nechráněné kůži.



Obr. 17 Srovnání rychlostí vzniku popálenin tepelným tokem [14]

Na základě zkoušek, při kterých byli lidé vystaveni tepelnému působení, byly dosaženy různé hodnoty, jak uvádí [24], [27] a [28]. Výsledky jsou v Tab. 2 a Tab. 3. Při těchto zkouškách byli zjišťovány účinky na kůži a pocity testovaných lidí.

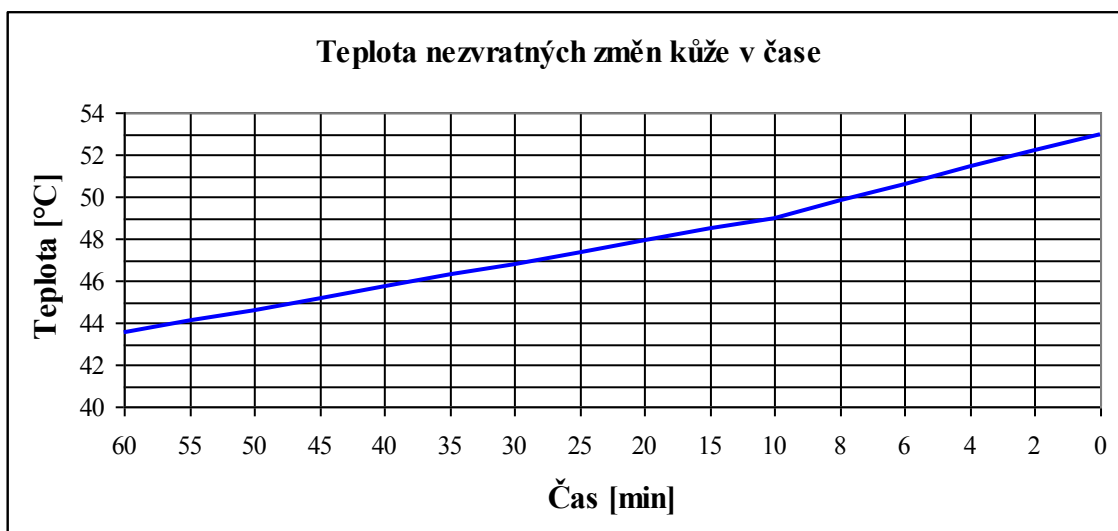
Tab. 2 Tepelný tok v závislosti na pocitu člověka

Hustota tepelného toku [W/m <sup>2</sup> ]	Pocit člověka
60 - 100	Vnímá teplo
200 - 6000	Pocítuje teplo
1000 - 2300	Pocítuje horko
3000 - 5000	Pocítuje bolest

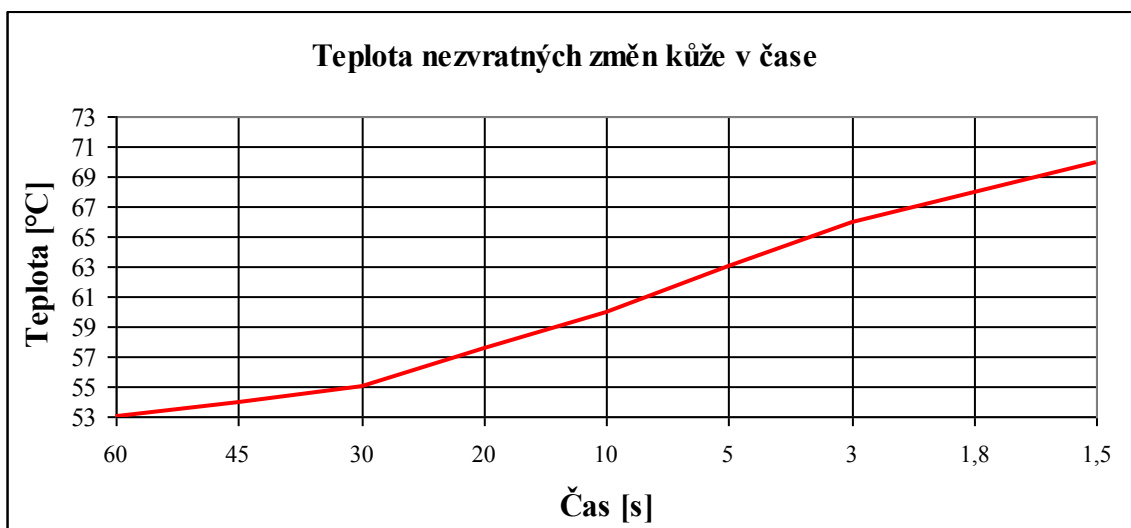
Tab. 3 tepelný tok v závislosti na době působení a pocitu bolesti

Hustota tepelného toku [W/m <sup>2</sup> ]	Doba působení [s]
280 - 550	Neomezená
625 - 1050	180 - 300
1100 - 1600	40 - 60
1680 - 2200	20 - 30
2200 - 2800	12 - 14
2800 - 3100	7 - 10
nad 3500	2 - 5

Prodloužené nebo opakované vysoké tepelné expozice budou postupně zvyšovat teplotu oděvu, což může způsobit popáleniny dokonce i když hasič již není vystaven vysokým teplotám. Kritická teplota kůže pro vznik nevratných změn je 43,5 °C. Jak je patrné z Obr. 18, při této teplotě vzniknou popáleniny do 1 hodiny. Čím vyšší je teplota, tím kratší je doba, za kterou vzniknou popáleniny. Další kritická teplota je 70 °C, při které vznikají popáleniny téměř okamžitě (Obr. 19). Důsledky působení termické energie jsou závislé na poškození mikrocirkulace. Pokud je nedotčená, jsou hlubší vrstvy popáleniny ochlazovány, což má příznivý vliv na rozvoj popáleninových změn. Pokud dojde k poškození mikrocirkulace, používá se jako ochranný prostředek chlazení [15], [14].



Obr. 18 Vznik popálenin za určitých teplot v čase



Obr. 19 Vznik popálenin za určitých teplot v čase

## 7 Experimentální měření tepelné zátěže v zahraničí

V roce 1994 provedla Fire Experimental Unit, dále už jen FEU (Požární experimentální jednotka), ve Velké Británii během cvičení měření a navrhla specifické testy. Provedení omezeného počtu zkoušek ale znamenalo, že prostředí požáru nemohlo být plně definováno. Ale bylo získáno daleko více informací, než bylo k dispozici dříve. Informace o prostředí požáru byly získávány pro podporu standardních prací hasiče a pro tvorbu jeho oděvu a vybavení. Zde byly nedostatečné znalosti teplotních hranic, které by pravděpodobně mohly být u požáru dosaženy. Ty se řídí dobou, kdy jsou vystaveny okolním teplotám, vlhkostí, dopadajícím tepelným tokem a prouděním vzduchu okolo hasiče.

V této stati se autoři odvolávají na předchozí práci a výzkum Coletta a Abort, jejichž prvotní dílo zde není citováno. Výsledkem jejich výzkumu bylo vytvoření jednoduchého způsobu, jak definovat zóny pro rutinní, nebezpečné a nouzové podmínky při práci hasiče u zásahu na požár. Ale měření nebyla k dispozici pro podporu použité definice. K získání těchto měření si FEU pořídilo speciálně konstruované přístrojové vybavení, pro hasičské cvičení a školení [25].

### 7.1 Přístrojové vybavení

Přístrojové vybavení bylo vyvinuto pro sběr údajů, aby mohlo být připevněno k postroji na dýchacím přístroji a provádělo měření v podmínkách požáru (Obr. 20). Skládalo se z přenosného dataloggeru s převodníky pro měření parametrů na a kolem hasiče oblečeného v zásahovém oděvu s dýchacím přístrojem. Hlavní části přístrojového vybavení jsou pouzdro a křídla přístrojů. Křídla byla připevněna k postroji dýchacího přístroje (Obr. 20) a slouží jako teplotní a vlhkostní sonda. Jako ochrana přístroje slouží plášť z Nomexu, který je lemován izolací. Radiometr, pro měření tepelného toku a sonda, pro měření proudění vzduchu, byly vybaveny montážními konzolami, které se nacházejí na postroji dýchacího přístroje. Přístrojové vybavení měří:

- teplotu vzduchu na několika místech, na vnější straně kabátu
- proudění vzduchu kolem hasiče
- hustotu tepelného toku
- vlhkost



Obr. 20 Přístrojové vybavení na dýchacím přístroji uživatele znázorňující polohy snímačů [25].

## 7.2 Podrobnosti měření

V pozdějších testech byl hasič s přístrojovým vybavením požádán, aby ohlásil svou úroveň pohodlí (Comfort Level, viz. Obr. 21) při cvičení na stupnici od 1 do 10. Stupeň 1 byl definován jako normální pokojová teplota a 10 jako limit přijatelných pracovních podmínek.

### 7.2.1 Expozice tepelného záření při pokojové teplotě

Testy byly prováděny hasiči z FEU v bezvětrném prostředí hangáru v Little Rissington, Cotswold District, Gloucestershire, Anglie, Spojené království. Byla zkoumaná doba, po kterou hasiči mohli tolerovat různé velikosti tepelné zátěže. Zásobník o průměru 2,4 m byl naplněn heptanem na vodním lůžku a zapálen. Dva hasiči oblečení v soupravě standardního zásahového oděvu s dýchacím přístrojem byli požádáni, aby přešli v předem stanovené poloze, v blízkosti ohně a zůstali vedle stabilního radiometru, dokud se nebudou cítit nepříjemně. K dispozici jim byli chladicí spreje, pro případ že by hasiči požádali o pomoc. Za limity byla považována doba, po kterou hasič „vydržel“ tepelnou zátěž, než se vzdálil od ohně nebo když požádal o použití chladicího spreje [25].

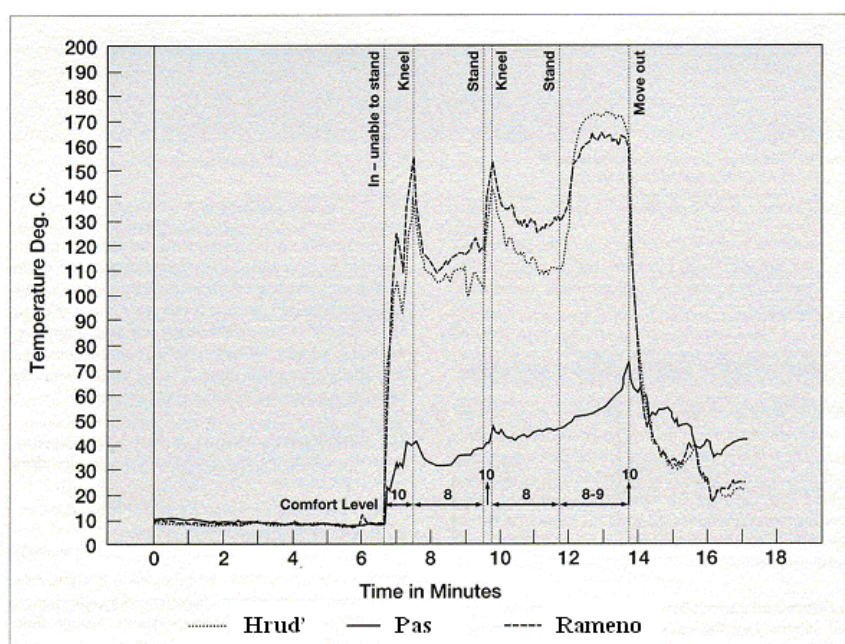
### 7.2.2 Expozice teploty s kombinací tepelného záření

Testy byly provedeny na Fire Service College Commercial Building (Vysoké školy požární ochrany staveb), aby prozkoumaly možnost hasičů ve standardních ochranných oděvech s dýchacími přístroji, tolerovat kombinace vysokých teplot vzduchu a tepelného



toku. Podmínky ve zkušební místnosti byly různé se změnou počtu kusů nábytků (dva nebo tři) a množství přidaného dřeva. Když byly požadované podmínky stanoveny, byl požádán tým hasičů, aby šel do místnosti a pokračoval k předem určené lokalitě, v blízkosti požáru, vedle pevných měřičů. Zde byli požádáni, aby zůstali stát, dokud se nebudou cítit nepříjemně. Na Obr. 21 je vidět, jak hasiči měnili své polohy, ze stoje do pokleku. Přístrojové vybavení nosil jeden člen z testovaného týmu.

Ve dvou testech, stál nositel přístrojového vybavení za překližkovou zábranou s hliníkovou fólií, která ho chránila od přímého vyzařování tepelného výkonu od požáru. To umožnilo toleranci vůči vysokým teplotám, při absenci tepelného záření, které měli být posuzovány [25].



Obr. 21 Příklad záznamu teplot a stupňů komfortu v čase při testu [25]

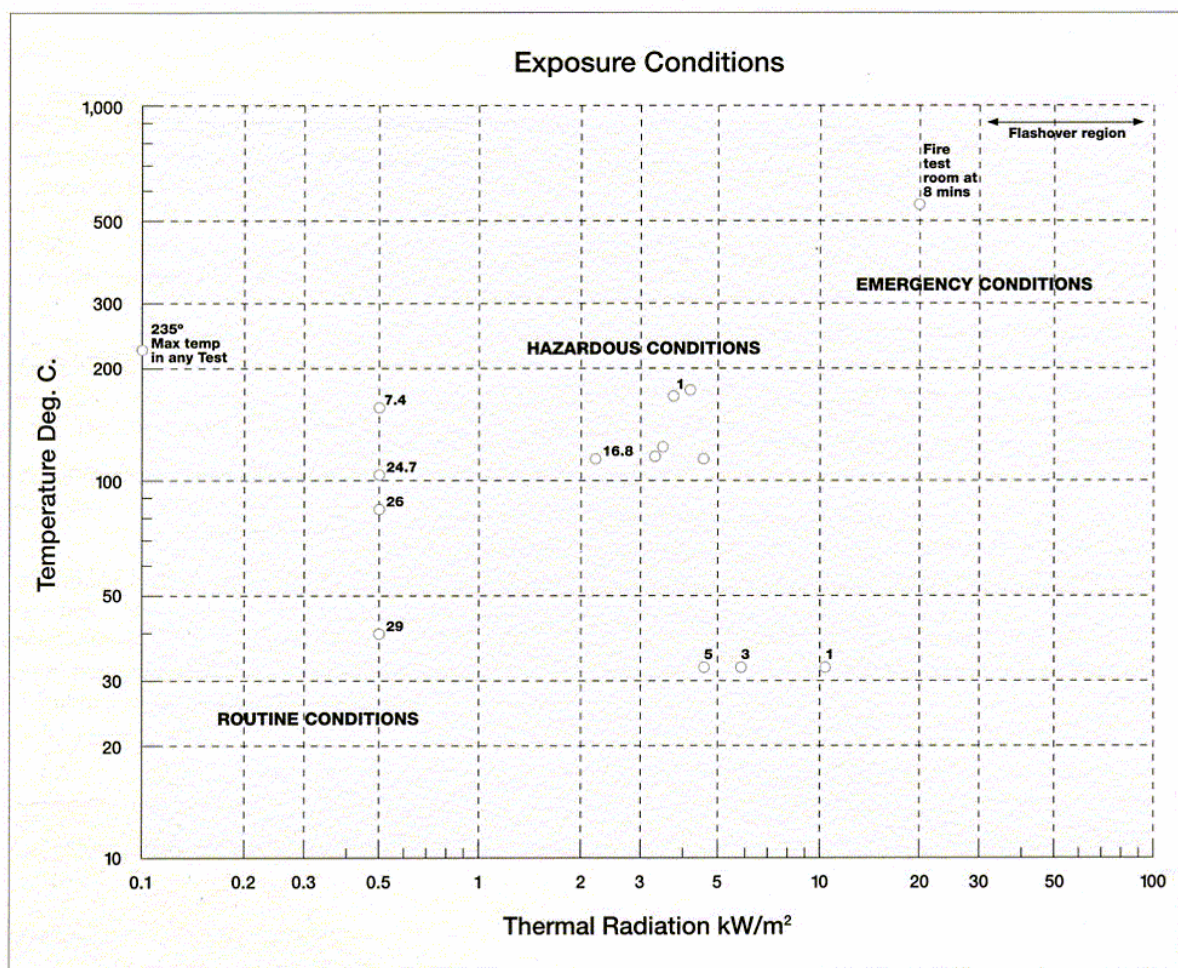
### 7.3 Shrnutí výsledků

Obr. 21 zachycuje grafickou závislost naměřených teplot na době pobytu hasiče v místnosti z přístrojového vybavení. Dále obsahuje hlášení o úrovni komfortu (Comfort Level) hasičů během zkoušek.

Souhrn výsledků měření je uveden na Obr. 22. Ze získaných výsledků FEU byly vydefinovány tyto závěry:

- S jakými úrovněmi teplot vzduchu a tepelného záření se setkávají hasiči.
- Maximální teplota měřena na hasiči byla 235 °C, ačkoli to bylo jen zkušební dobu přibližně 5 s.

- Výsledky zkoušek provedené ve zkušební místnosti FEU v roce 1987 pro podporu práce hasiče při užití nízko a vysokotlakých čerpadel. Uvažují podmínky měřené ve zkušební místnosti ve fázi, kdy bylo považováno za nebezpečné vstoupit do místnosti na základě úsudku požárního důstojníka. Podle jeho názoru by hasič utrpěl zranění a nebo by došlo k poškození zařízení.



Obr. 22 Expoziční podmínky při požáru s výsledky testu [25]

Na Obr. 23 je snaha o učinění opatření, která zavádí zjednodušený souhrn výsledků experimentu pro:

- teplotu ( $^{\circ}\text{C}$ ),
- hustotu tepelného toku ( $\text{kW/m}^2$ )
- dobu expozice (minuty).

Nebylo a pravděpodobně možná nikdy nebude úplně definováno prostředí požáru. Nicméně informace shromážděné v této práci rozšířily znalosti o prostředí požáru zahrnující řadu podmínek, které byly již dříve popsány. Vliv na hasiče závisí na mnoha fyzických, fyziologických a psychologických faktorech a jakékoli závěry musí brát všechny tyto faktory

v úvahu. Dalším důležitým projektem by bylo nutné upřesnit a dále zkoumat výsledky. Klasifikace používané v Obr. 23 jsou obyčejné, nebezpečné, extrémní a kritické. Ty jsou podrobněji popsány níže:

### **7.3.1 Běžné podmínky**

Běžnými podmínkami se rozumí takové, které se dají očekávat ve většině případů, se kterými se setkávají hasiči při zdolávání požáru. Limity navržené pro běžné podmínky jsou:

- Doba expozice hasiče 25 minut, při teplotě do 100 °C a tepelném sálání do 1 kW/m<sup>2</sup>.

### **7.3.2 Nebezpečné podmínky**

Nebezpečnými podmínkami se rozumí, pokud hasič očekává, že bude pracovat pouze po krátkou dobu ve vysokých teplotách, v kombinaci s tepelným sáláním. Limity navržené pro prostředí s nebezpečnými podmínkami jsou:

- Doba expozice hasiče 1 minuta, při teplotě do 160 °C a tepelném sálání do 4 kW/m<sup>2</sup>.  
Tepelné sálání nad 4 kW/m<sup>2</sup> pravděpodobně povede ke zranění hasiče.
- Do nebezpečného zóny byl přidán podřízený limit, aby zastupoval hodnoty, které by mohly být tolerovány po dobu 10 minut (při teplotě 120 °C a tepelném sálání 3 kW/m<sup>2</sup>).
- Vlhkost není významným faktorem nad 100 °C, protože relativní vlhkost rychle klesá na nízké hodnoty.

### **7.3.3 Extrémní podmínky**

Obvykle se s nimi lze setkat při záchranných situacích, v nejhorších případech za podmínek vzniku flashoveru. Extrémní podmínky byly stanoveny nad těmito limity:

- Teplota prostředí od 160 °C a tepelné sálání od 4 kW/m<sup>2</sup>, avšak nejvýše 235 °C a 10 kW/m<sup>2</sup>.

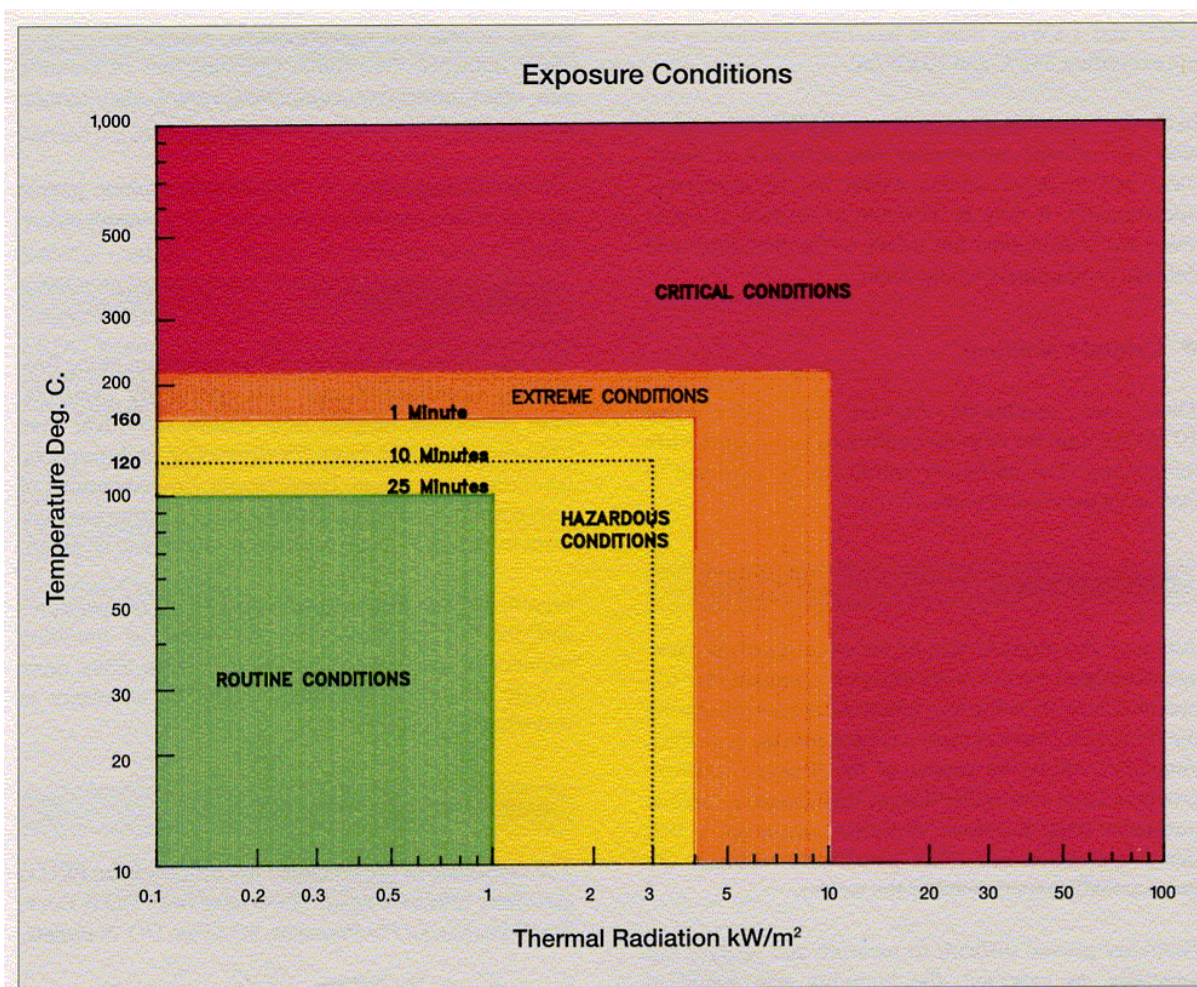
U zkoušky v místnosti při okolní teplotě cca 32 °C (viz. Obr. 21), byl snášen tepelný tok 10 kW/m<sup>2</sup> po dobu 1 minuty. Byla ale způsobena škoda na zařízení a proto nebyly tyto podmínky přijatelné [25].

### **7.3.4 Kritické podmínky**

Hasiči by měli očekávat, že pobyt v těchto extrémních podmínkách může být životu nebezpečný. Jde o podmínky:

- Teploty prostředí nad 235 °C a tepelné sálání nad 10 kW/m<sup>2</sup>.





Obr. 23 Limity tepelné expozice v prostředí požáru [25]

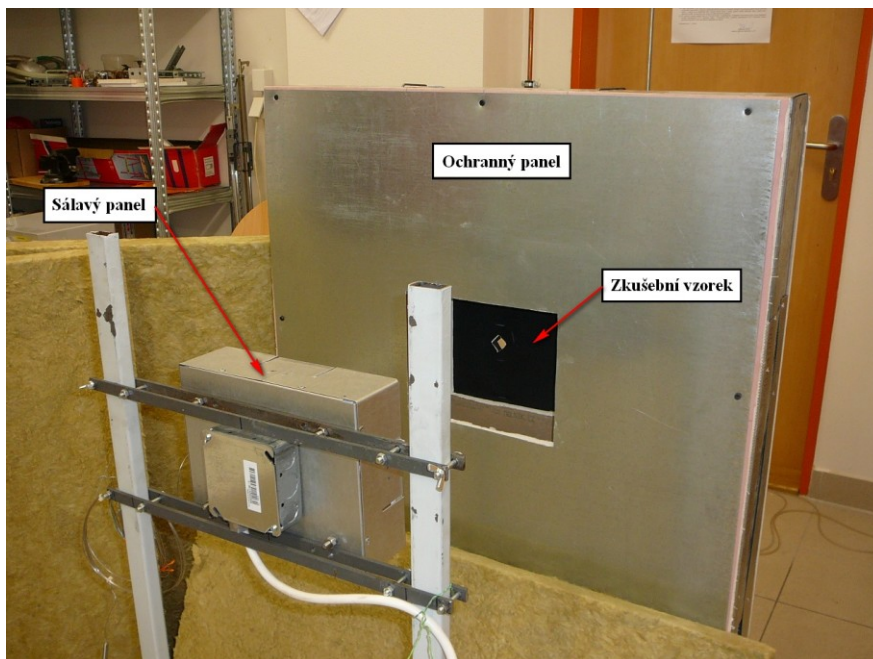
## 8 Experimentální ověřování vlastností materiálů zásahových oděvů sálavým teplem

V této kapitole popisuji a rozebírám experiment, který jsem prováděl při vypracovávání této diplomové práce. Jedná se o laboratorní zkoušku, ve které jsem zkušební vzorek zásahového oděvu vystavoval působení sálavého tepla.

Zkouška probíhala ve školní laboratoři, ve které panovaly standardní podmínky. To znamená, že nedochází k proudění vzduchu, teplota má hodnotu  $23\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$  a relativní vlhkost vzduchu je  $29\% \pm 8\%$ . Zkušební vzorky byly v tomto prostředí klimatizovány 24 h před začátkem každé zkoušky. Vzorky byly zakoupeny od firmy DEVA a VOCHOC. Jedná se o ochranný oděv FIREMAN TIGER (300 mm x 250 mm) a GoodPRO FR3 FireHorse (460 x 360) mm.

### 8.1 Zkušební sestava

Aparatura pro zkoušku je znázorněná na Obr. 24 a Obr. 26. Popis jejích součástí je uveden níže.



Obr. 24 Zkušební sestava pro laboratorní měření

#### 8.1.1 Sálavý panel

Ke zkoušce byl použit sálavý panel JAKAR Electronics s tepelným výkonem  $65\text{ W/in}^2$  o rozměrech (8 x 10) in, tj (203,2 x 254) mm. Výpočet tepelného výkonu jsem zjistil po přepočtu palců na metry. Tepelný tok sálavého panelu je  $100,75\text{ kW/m}^2$  a maximální teplota

odhadnutá z Přílohy H, ve které se nachází graf teploty v závislosti na čase je 1825 F, což je 996,11 °C, které sálavý panel dosáhne při maximálním výkonu do 7 minut.

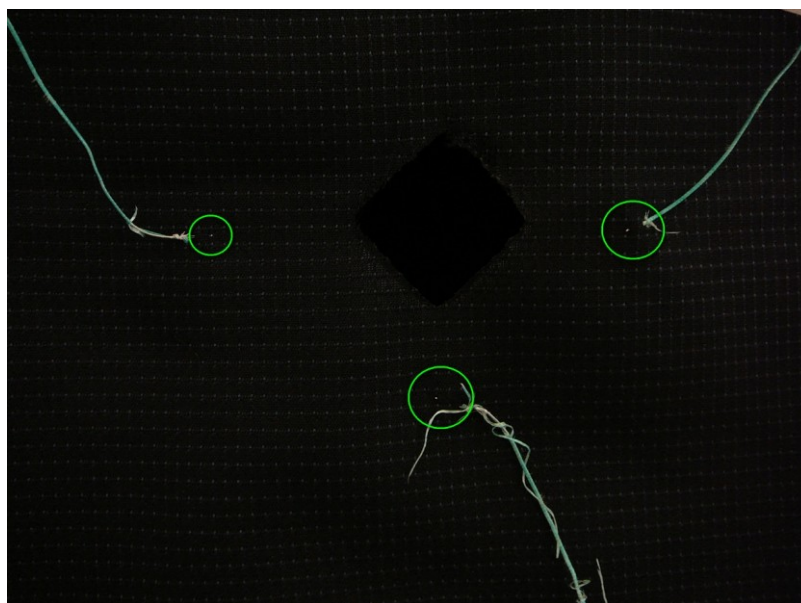
### 8.1.2 Radiometr

Během svých měření jsem pracoval s vodou chlazenými radiometry SBG01, které slouží k měření tepelného toku. Tyto radiometry mají pracovní rozsah 10 kW/m<sup>2</sup> a 50 kW/m<sup>2</sup>. Jak už jsem uvedl, jsou to chlazená zařízení a při provozu je zapotřebí jejich nepřetržité chlazení. Jako chladicí médium se používá normální voda z vodovodu o teplotě 10 °C až 30 °C. Průtok chladicí vody je větší jak 10 litrů/hod (optimálně 30 litrů/h). Radiometry byly řádně kalibrovány, což je uvedeno v Příloze č. 7. Další specifické vlastnosti jsou uvedeny níže:

- Odezvy radiometrů:
  - pracovní rozsah 10 kWh/m<sup>2</sup>: < 450 ms (63%)
  - pracovní rozsah 50 kWh/m<sup>2</sup>: < 250 ms (63%)
- maximální dosah: 150 % pracovního rozsahu
- výstupní signál: > 5 mV při pracovním rozsahu
- spektrální rozsah: až 50000 nm
- zorné pole: 180 stupňů
- emisivita: > 0,95 [16].

### 8.1.3 Termočlánky

Na Obr. 25 jsou patrná čidla, která měřila teploty. Jedná se o malé kuličky na konci drátku.

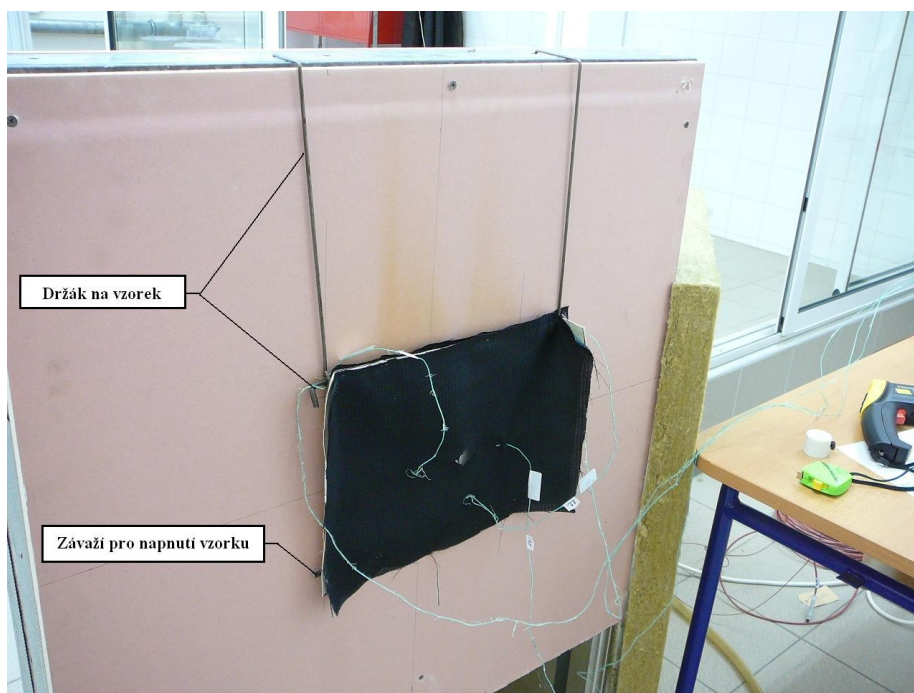


Obr. 25 Termočlánky na zkušebním vzorku



#### 8.1.4 Držák na zkušební vzorek

Je uveden na Obr. 26, tvořen dvěma háčky a tyčkami. Jedna plní nosnou funkci a druhá má za úkol zatížit vzorek, aby byl napnutý a netvořily se vzduchové bubliny.



Obr. 26 Zadní část panelu se zavěšeným vzorkem

#### 8.1.5 Oplechovaný sádrokartonový panel

Jako clona tepelného sálání slouží oplechovaný sádrokartonový panel, uvedený na Obr. 24., který je tvořen ze sádrokartonových desek, mezi nimiž je 10 cm široký prostor. Přední strana je opatřena plechovým plátem a v obou stěnách je vyříznut otvor o rozměrech 200 mm x 250 mm tak, aby z přistaveného sálavého panelu pronikal tepelný tok těmito otvory až na zavěšený vzorek. Ten je upevněn v držáku na zadní straně tohoto panelu.

#### 8.1.6 Infrateploměr

Při měření teploty vnitřní a vnější vrstvy oděvu jsem používal digitální bezkontaktní teploměr s laserovým bodovým zaměřováním. U tohoto přístroje je zapotřebí nastavit emisivitu měřené látky. Tu jsem nastavil u měření kabátu na 0,98 a u trika 0,96. Přístroj je znázorněn na Obr. 27.

Technická data přístroje:

- Měřicí rozsah: -32 až 760 °C
- Rozlišení: 0.1°C
- Zobrazení teploty: °C nebo °F (volitelné)

- Přesnost (při teplotě prostředí =  $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ):
- $\pm 1\%$  z MH nebo
  - $\pm 1^{\circ}\text{C}$  (při  $> 23^{\circ}\text{C}$ ),
  - $\pm 2^{\circ}\text{C}$  ( $-18$  až  $23^{\circ}\text{C}$ ),
  - $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$  ( $-26$  až  $-18^{\circ}\text{C}$ ),
  - $\pm 3^{\circ}\text{C}$  ( $-32$  až  $-26^{\circ}\text{C}$ )
- Reprodukovatelnost:  $< \pm 0.5\%$  z MH nebo  $\pm 1^{\circ}\text{C}$
- Doba odezvy ( $t_{95}$ ): 0.5 s
- Koeficient emisivity: digitálně nastavitelný od 0.30 do 1.00
- Pracovní teplota: 0 až  $50^{\circ}\text{C}$
- Rozměry:  $\sim 135 \times 40 \times 195 \text{ mm}$
- Hmotnost:  $\sim 320 \text{ g}$  [17].

#### 8.1.7 Digitální multimetr M - 4660 A

Tento přístroj jsem používal k odečtení jedné z teplot na sálavém panelu. Jedná se o univerzální multimetr pro slaboproudé aplikace, znázorněný na Obr. 27. Čtyř a půl místný LCD displej se třemi pomocnými displeji umožňuje současné zobrazení až čtyř měřených veličin. Rozhraní RS 232 a SW je určeno zejména pro dlouhodobá měření stejnosměrného a střídavého napětí a proudu (do 20 A), měření odporu, kmitočtu, kapacity, možnost měření útlumu (v dB) a měření teploty. Vnitřní paměť přístroje zaznamenává až 10 naměřených hodnot [18].

#### 8.1.8 Dataloger Almemo 2890-4S

Kombinovaný univerzální ruční měřicí přístroj s 9 vstupy a 2 výstupy. Vnitřní paměť má kapacitu pro uložení až 100 000 měřených hodnot v předvoleném časovém měřicím cyklu. Já jsem pro své měření použil cyklus 1 s. K přístroji lze pomocí speciálních programovatelných ALMEMO konektorů připojit jakékoli čidlo pro měření fyzikálních, elektrických a chemických veličin. K datalogru přísluší ještě ústředna, ze které jsem pomocí softwaru AMR-Control stahoval naměřená data. Přístroj je znázorněn na Obr. 27 [21].

#### 8.1.9 Programový regulátor MT825-A

Tento přístroj mi také sloužil k zjištění teploty na sálavém panelu (Obr. 27). Je to teplotní/procesový regulátor formátu 1/4 DIN s jedním měřicím vstupem, jedním řídicím



vstupem/výstupem a pěti výstupy (první výstup je regulační, druhý alarmový/signalizační, třetí až pátý výstup příznakový). Technické parametry přístroje:

Přesnost vstupů:

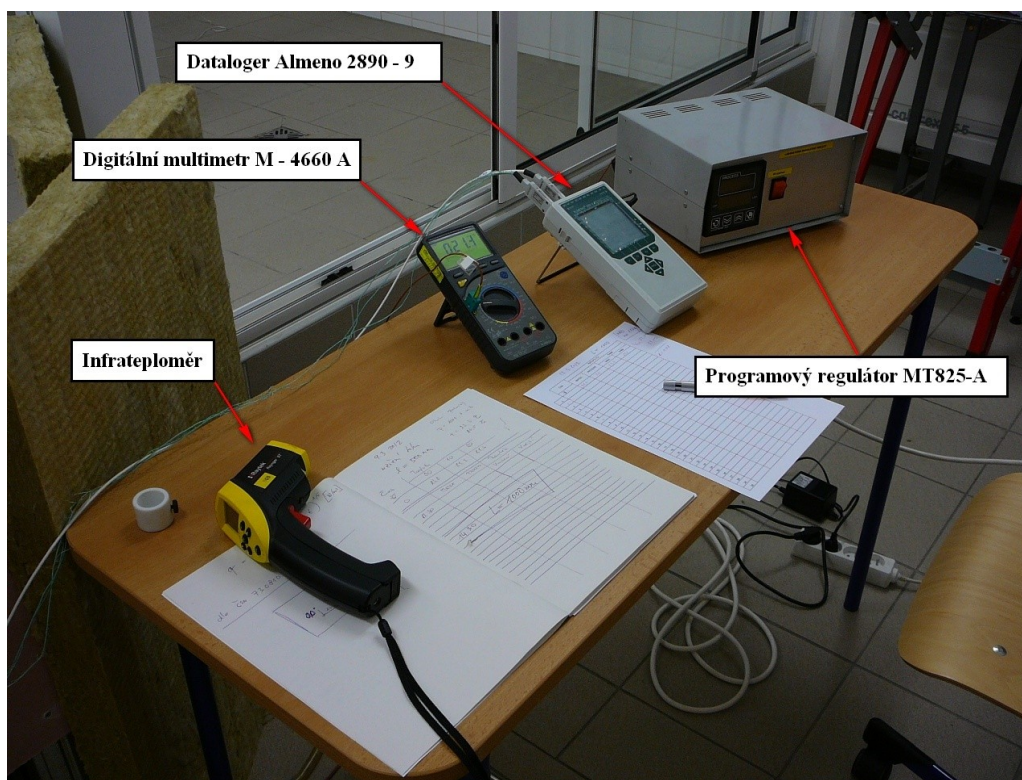
- $\pm 0,1\%$  z rozsahu (min.  $540\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),  $\pm 1$  digit při  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  teploty okolí a při  $\pm 10\%$  jmenovitého napájecího napětí
- teplotní stabilita  $\pm 0,1\text{ }^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$  teploty okolí
- napěťová stabilita  $\pm 0,01\%/%$  změny napájecího napětí.

Přesnost analogového výstupu

- $\pm 0,1\%$  z rozsahu (min.  $540\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) při  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  teploty okolí a při  $\pm 10\%$  jmenovitého napájecího napětí.

Provozní prostředí

- $0$  až  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $0$  až  $90\%$  relativní vlhkosti vzduchu, bez kondenzace [19].



Obr. 27 Použité měřicí přístroje

### 8.1.10 Termokamera

Termokameru jsem používal v laboratoři, při pořizování snímků. Kamerou jsem zkoumal, jak se zahřívá vnitřní strana kabátu.

Technická data kamery:

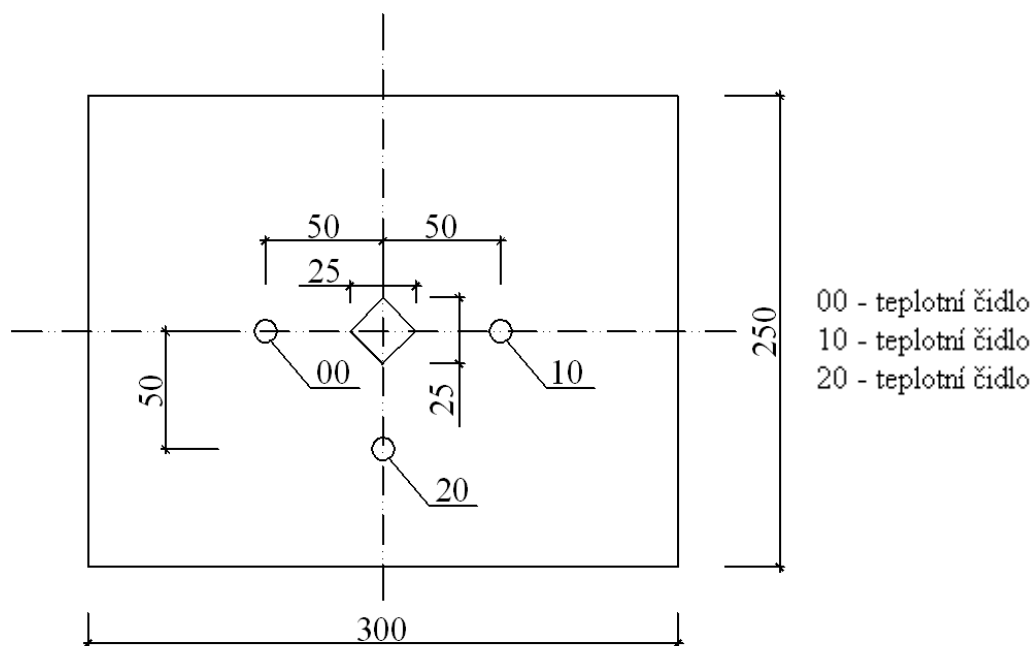
- Typ detektoru: Ohniskové pole (FPA) nechlazený mikrobolometr,  $384 \times 288$  pixelů,  $25 \mu\text{m}$
- Spektrální rozsah:  $8 \sim 14 \mu\text{m}$
- Teplotní citlivost:  $\leq 0,08 \text{ }^{\circ}\text{C}$  při  $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Teplotní rozsah:  $-20$  až  $600 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (Až  $2000 \text{ }^{\circ}\text{C}$  volitelné)
- Přesnost:  $\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$  nebo  $\pm 2\%$  z hodnoty
- Doba provozu baterie: Přes 2,5 hodiny nepřetržitého provozu
- Provozní teplota:  $-20 \text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $60 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Hmotnost:  $1,1 \text{ kg}$  [20].

## 8.2 Postup zkoušky

Před vlastní zkouškou jsem musel připravit zkušební vzorky. Jednalo se o vzorky z oděvů FIREMAN TIGER a GoodPRO FR3 FireHorse. Zkušební vzorek jsem připevnil na držák a celou tuto aparaturu zavěsil na konstrukci ochranného panelu. Následovalo ustavení radiometru ve směru kolmém na sálavý panel a připojení hadiček s cirkulující vodou, rychlostí  $30 \text{ l/h}$ . Po připevnění termočlánků jsem zapojil potřebné přístroje, což bylo zařízení MT825-A, které sloužilo pro zobrazení teploty na panelu a k jeho zapnutí a vypnutí, digitální multimetr M - 4660 A, který taktéž snímal teplotu na sálavém panelu, přístroj Almemo, do kterého byly připojeny termočlánky a radiometr, který snímal a zapisoval hodnoty. Dále už bylo jen zapotřebí ustavení sálavého panelu v určité vzdálenosti od vzorku tak, aby směřoval přímo a kolmo do otvoru ochranného panelu. Při samotné zkoušce přístroj Almemo zapisoval tížené hodnoty a já si zapisoval teploty měřené infrateploměrem na vnější a vnitřní straně vzorku a teploty na sálavém panelu. Další činností bylo pořizování fotografií z ustavené termokamery.

### 8.2.1 Zkouška vzorků textilií FIREMAN TIGER s otvorem

Do vystřiženého vzorku z oděvu FIREMAN TIGER o rozměrech  $(300 \times 250) \text{ mm}$  jsem vyřízl otvor, pro proudění tepelného toku. Za tento otvor jsem ustavil radiometr, který směřoval kolmo na sálavý panel a měřil hodnotu tepelného toku působícího na zkušební vzorek. Po provedeném postupu, uvedeném výše, jsem na vnitřní stranu zkušební vzorku umístil termočlánky dle Obr. 28. První měření jsem provedl ve vzdálenosti  $1000 \text{ mm}$  od sálavého panelu a pokračoval po  $100 \text{ mm}$  směrem k panelu, až na hodnotu  $200 \text{ mm}$ . Blíže už jsem se nedostal, kvůli šířce ochranného panelu.



Obr. 28 Rozmístění čidel na vzorku

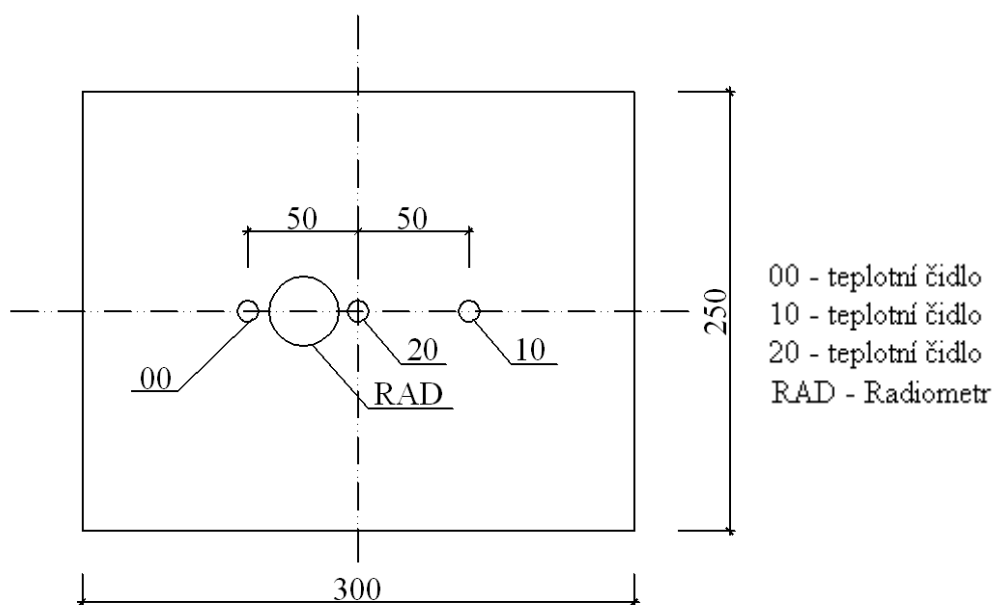
V tomto prvním měření jsem měřil infrateploměrem tepotu na straně, kde působilo sálavé teplo z panelu. Teplotu na odvrácené straně zkoumaného vzorku jsem měřil jak infrateploměrem, tak termočlánky přichycenými na poslední vrstvě. Dále jsem měřil teplotu, která byla na sálavém panelu a tepelný tok, který působil na zkušební vzorek. Informativní foto o nastínění průběhu zkoušky lze nalézt na Obr. 29.



Obr. 29 Zkouška oděvu FIREMAN TIGER s otvorem

### 8.2.2 Zkouška vzorků textilií FIREMAN TIGER bez otvoru

Ve druhém měření jsem do připraveného vzorku (300 x 250 mm), z oděvu FIREMAN TIGER, nevyřezával otvor. Zkouška probíhala také podle již výše uvedeného postupu. Radiometr byl ustaven za látkou, proto naměřené hodnoty z radiometru nebyly tak vysoké, jako v předchozím měření. Upevnění termočlánků na vnitřní vrstvu a umístění radiometru je zobrazeno na Obr. 30. Měřený tepelný tok a teplotu jsem prováděl proto, abych zjistil, jaké teploty pociťuje hasič pod kabátem na místech nechráněných trikem. V tomto měření jsem prováděl pouze kritické vzdálenosti 400, 300 a 200 mm.



Obr. 30 Čidla přidělaná na vnitřní straně kabátu.

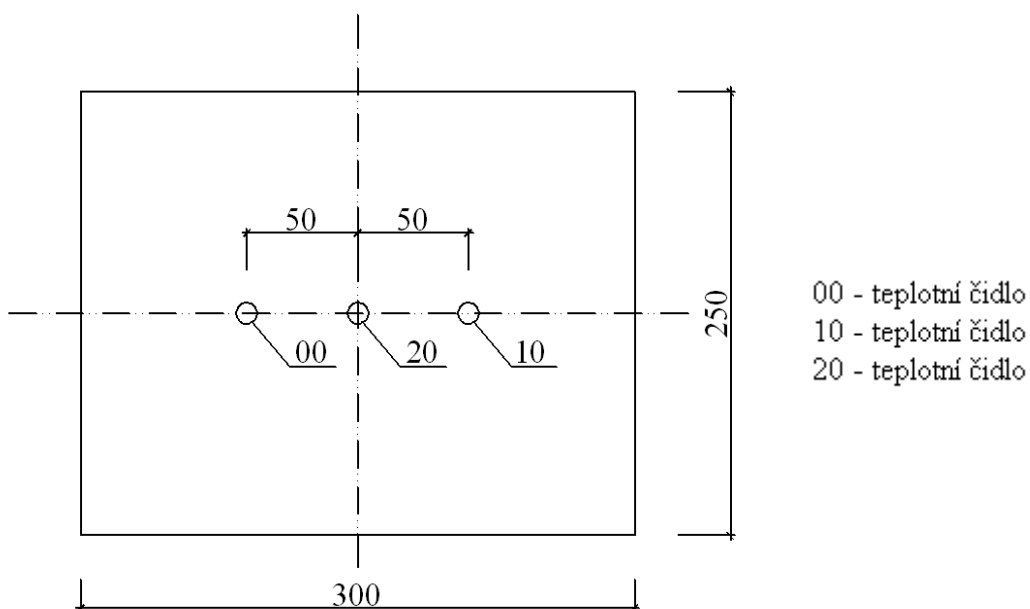
Pro vhodnější představu formy prováděného měření přikládám fotografii na Obr. 31.



Obr. 31 Zkouška vzorku oděvu FIREMAN TIGER bez otvoru

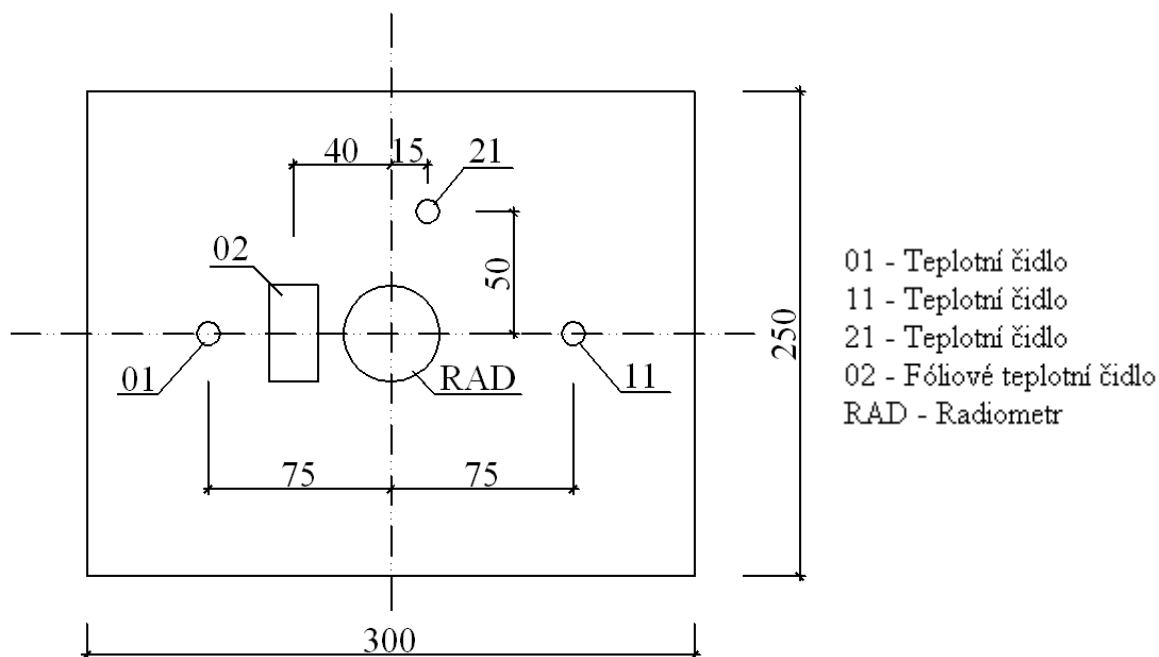
### 8.2.3 Zkouška vzorků textilií FIREMAN TIGER a trika bez otvoru

Ve tomto měření jsem za připravený zkušební vzorek (300 x 250 mm) připevnil další vrstvu, kterou byl vzorek hasičského trika. Změnou oproti předchozím měření bylo vytvoření mezery mezi vzorkem a sádkartonovým panelem, pomocí dřevěných klínek, pro lepší průchod tepla okolo vzorku. To proto, abych napodobil podmínky u požáru, kde tepelný tok také proudí okolo hasiče. Čidla jsem rozmístil na vzorek kabátu i na triko. Rozmístění termočlánků na kabátu je zobrazeno na Obr. 32 a na triku v Obr. 33. Radiometr byl umístěn za všemi vrstvami a jeho poloha je taktéž na Obr. 33. Při tomto měření jsem zjišťoval, jaké teploty bude hasič pociťovat při požáru pod trikem, i pod kabátem. Měření jsem započal na vzdálenosti 1100 mm a od 1000 mm pokračoval po 200 mm až na hodnotu 200 mm. Po doměření jiné zkoušky mého kolegy mi bylo poskytnuto nové teplotní čidlo, a to fóliové. Jeho umístění je na Obr. 33.



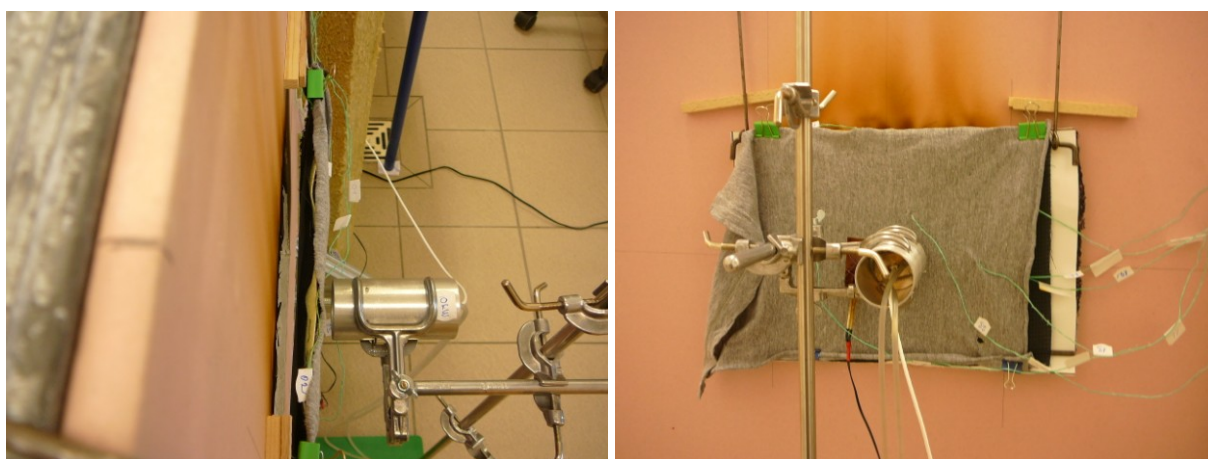
Obr. 32 Čidla připevněná na vnitřní straně kabátu





Obr. 33 Čidla připevněná na triku

Pro vhodnější představu formy prováděného měření přikládám fotografii na Obr. 34.



Obr. 34 Zkouška vzorku oděvů FIREMAN TIGER a trika bez otvoru

#### 8.2.4 Zkouška vzorků textilií GoodPRO FR3 FireHorse a trika bez otvoru

Pro tuto zkoušku jsem sehnal jiný zkušební vzorek, a to od firmy VOCHOC, z oděvu GoodPRO FR3 FireHorse. Po doměření zkoušky jiného kolegy mi byl zapůjčen i jiný držák na zkušební vzorek, který je uveden na Obr. 35. Sestava zůstala stále stejná, akorát kvůli změně držáku, je vzorek zvětšen na rozměry (460 x 360) mm. Obr. 35 znázorňuje zkušební sestavu opět s hasičským trikem, novým držákem a vzorkem z oděvu GoodPRO FR3 FireHorse. Teplotní čidla byla rozmístěna totožně, jako při předchozím měření, tj. dle Obr. 32 a Obr. 33. Opět jsem vycházel ze vzdálenosti 1100 mm a od 1000 mm pokračoval po 200 mm

na hodnotu 200 mm. Zkouška je téměř totožná jako ta v kapitole 8.2.3, až na změnu vzorku a jeho držáku.



Obr. 35 Sestava s novým držákem na vzorek

## 8.1 Vyhodnocení zkoušky

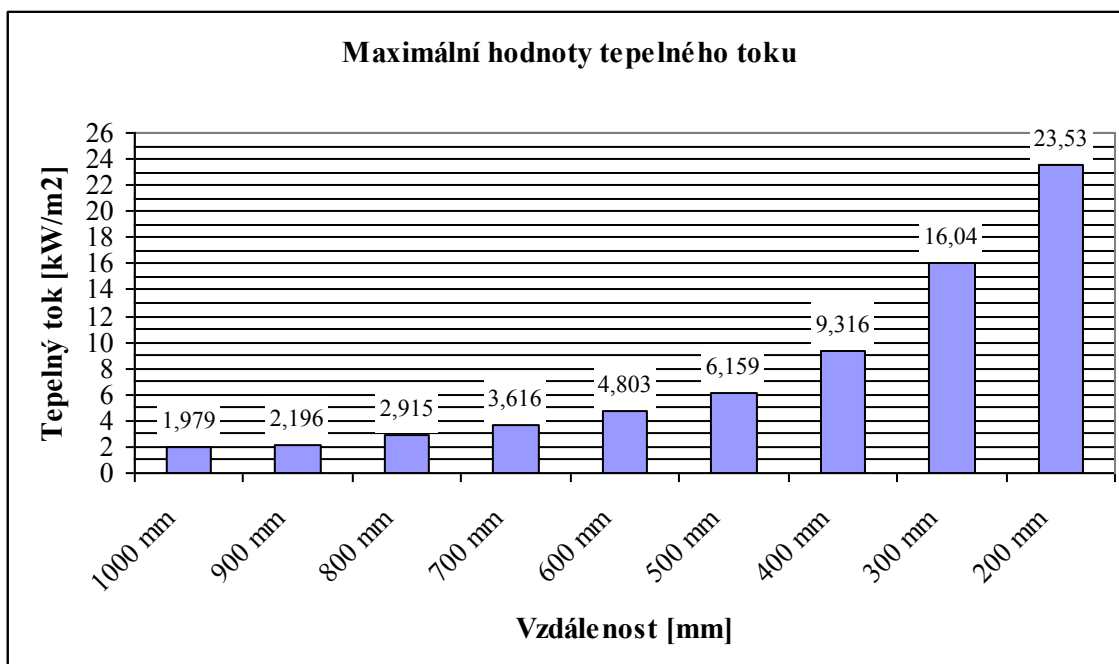
Z této zkoušky jsem získal velké množství hodnot, které jsem znázornil grafy, vytvořenými z měření pro jednotlivé vzdálenosti. Viz přílohy A, B, C, D a E. V.

Tab. 4 jsou vypsané maximální naměřené hodnoty. Jedná se o měření prováděné s hasičským trikem a to na zkušební vzorku FIREMAN TIGER a GoodPRO FR3 FireHorse.

Tab. 4 Maximální naměřené hodnoty

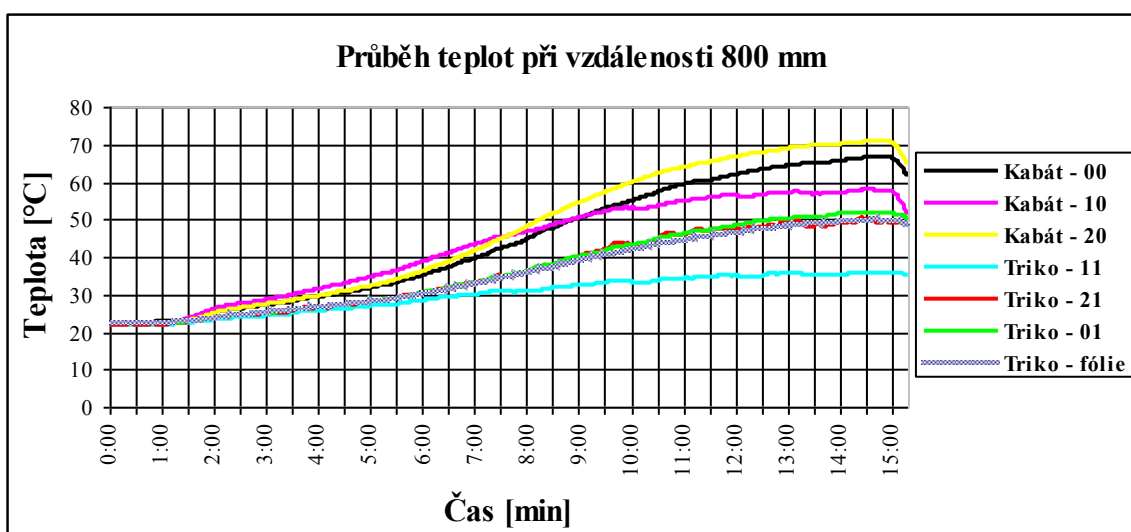
Vzorek	Vzdálenost [mm]	Maximální hodnoty					
		Teplota kabát [°C]	Teplota triko [°C]	Tepelný tok triko [kW/m <sup>2</sup> ]	Teplota vnější [°C]	Teplota vnitřní [°C]	Teplota panelu [°C]
FIREMAN TIGER	1100	54,8	37,8	0,23	73	35	910
	1000	57,3	43,4	0,273	89	39,7	883
	800	70,9	50,5	0,382	112	44,5	881
	600	101	70,6	0,481	158	55,4	891
	400	164	108,4	0,882	334	91	890
	200	247	154,9	2,046	424	145	910
GoodPRO FR3 FireHorse	1100	57,2	43,9	0,222	80	42	907
	1000	64,6	47	0,236	93	43	910
	800	84,8	59,2	0,305	120	52	906
	600	116,5	73,5	0,521	171	67	890
	400	176	114	1,035	269	106	882
	200	301	239	3,146	416	216	864

Tepelný tok, který působil na vzorky v měřených vzdálenostech, byl měřen na zkušebním vzorku s otvorem. Maximální hodnoty hustoty tepelného toku jednotlivých vzdáleností jsou uvedeny v Obr. 36.



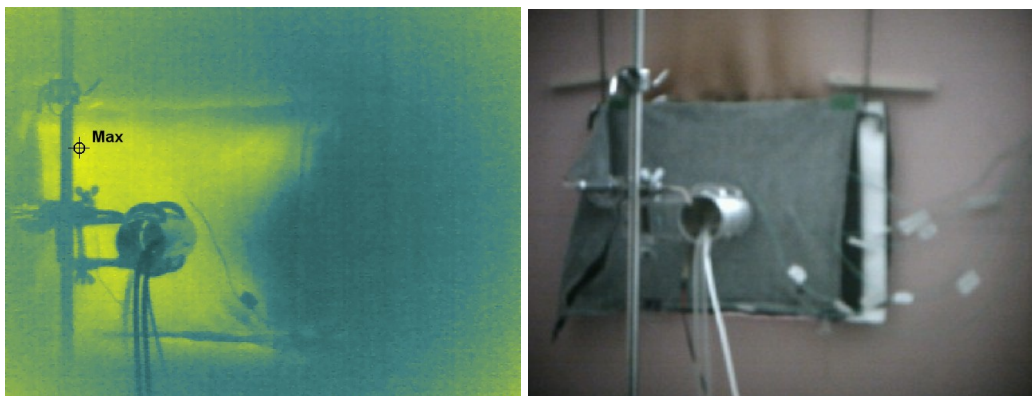
Obr. 36 Maximální hodnoty tepelného toku působící na zkušební vzorek

Jeden z výsledků měření vzorků textilií FIREMAN TIGER a trika bez otvoru je na Obr. 37. Při dosažení maximálních hodnot je schopen hasič vydržet v takovémto prostředí zhruba 8 min (dle Obr. 18), protože tyto teploty pod trikem dosahují hodnot kolem 50 °C. U tohoto měření byli pořizovány i termosnímký. Snímky odpovídající výsledným hodnotám ze vzdálenosti 800 mm, jsou na Obr. 38.



Obr. 37 Vzdálenost 800 mm vzorku FIREMAN TIGER bez otvoru s trikem

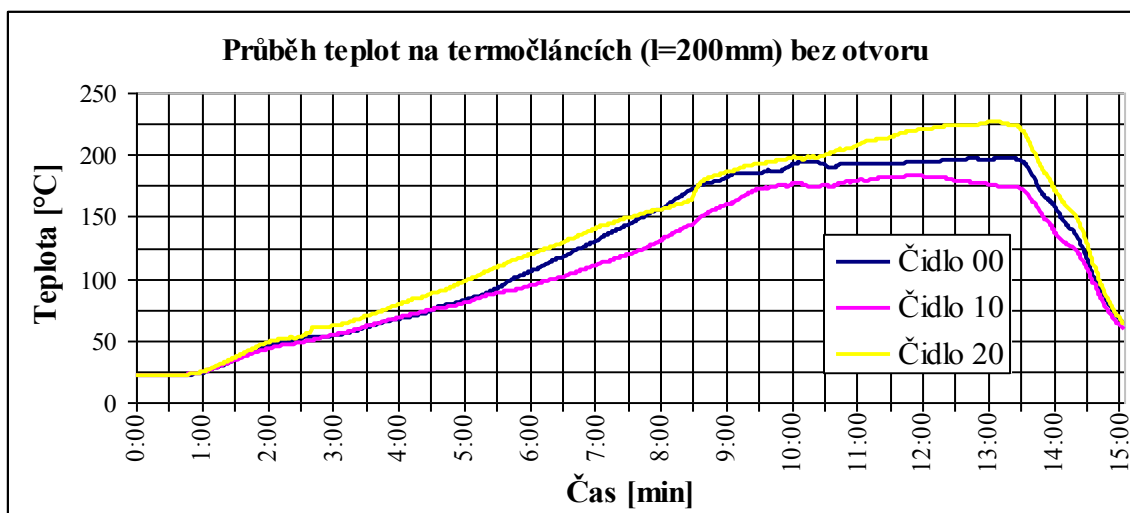




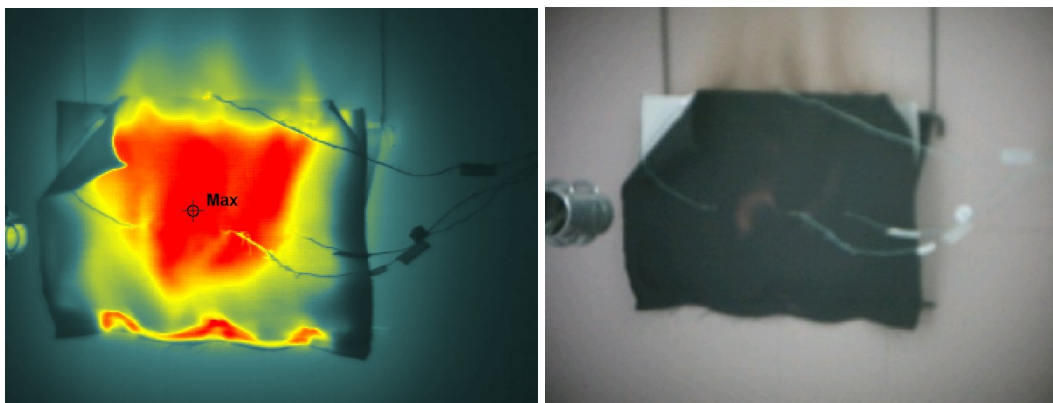
Obr. 38 Snímky z termokamery (vzdálenost vzorku 800 mm)

Minimální měřená vzdálenost byla 200 mm, v této vzdálenosti docházelo k degradaci materiálu. U vzorku z oděvu FIREMAN TIGER došlo ke změně barvy a tvrdosti vrchní vrstvy, spálení prostřední vlhkostní bariéry a změny barvy na vnitřní izolační vrstvě. U oděvu GoodPRO FR3 FireHorse došlo při vzdálenosti 200 mm k zuhelnatění všech 3 vrstev (Příloha I). Na Obr. 39 je příklad výsledků zkoušky oděvu FIREMAN TIGER bez otvoru, ze vzdálenosti 200 mm. Snímky z termokamery odpovídající výsledným hodnotám ze vzdálenosti 200 mm, jsou na Obr. 40.

POZNÁMKA: Při teplotách na zkušebním vzorku blížících se 200 °C se při degradaci materiálu ze zkoušených textilií začaly uvolňovat škodlivé plyny.

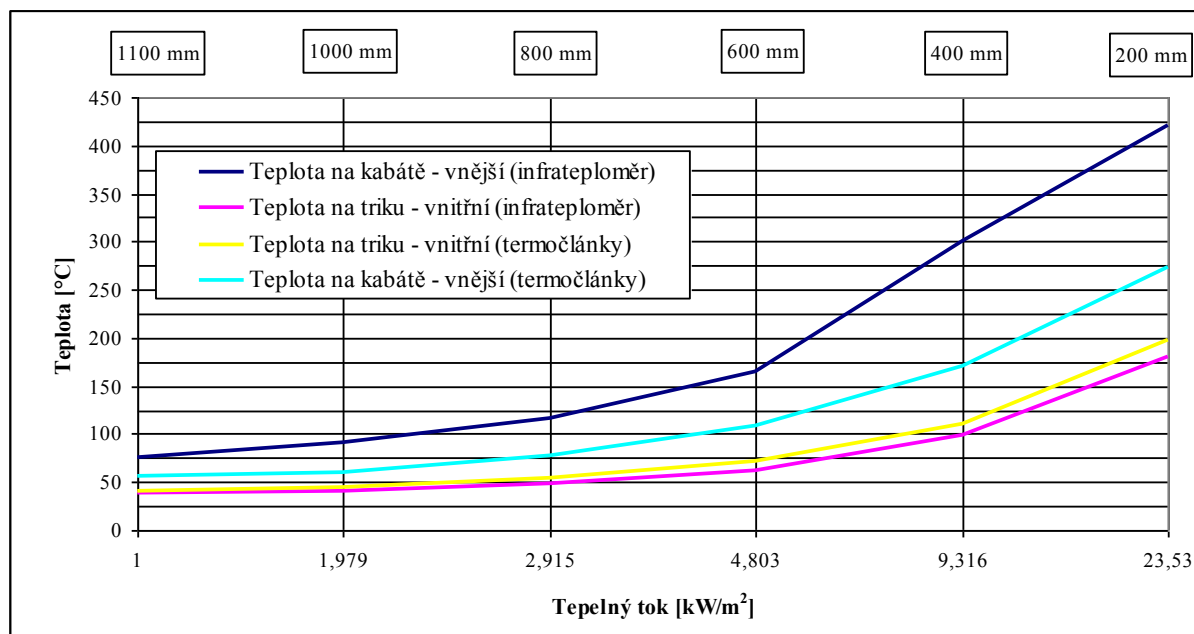


Obr. 39 Vzdálenost 200 mm vzorku FIREMAN TIGER bez otvoru



Obr. 40 Snímky z termokamery (vzdálenost vzorku 200 mm)

Na Obr. 41 jsem znázornil, jak docházelo k růstu maximálních teplot na měřených místech v závislosti na hustotě tepelného toku. Maximální teploty byly zprůměrnovány z měření se vzorky oděvů FIREMAN TIGER s trikem a FireHorse FR3 GoodPRO s trikem. Do grafu jsou vloženy vzdálenosti zkušebního vzorku od tepelného zdroje.



Obr. 41 Růst teploty měřených míst v závislosti na hustotě tepelného toku

## 9 Experimentální měření teplotní zátěže hasiče při cvičném požáru

Požár se konal v opuštěném objektu dolních Vítkovic, kam chodí hasiči z Ostravy a okolí procvičovat a zdokonalovat své znalosti a dovednosti pro výkon profese. Areál je znázorněn na Obr. 42. Požár připravovala směna B, ze stanice Ostrava Zábřeh. Jejich záměrem bylo sledovat volný rozvoj požáru v obývacím pokoji, který si sami vytvořili ze starého nábytku (Obr. 43). Tudiž se v místnosti nacházelo hoblované dřevo natřené olejovou barvou a různé druhy textilií. Dle [24] mohl být ve 3. minutě vyzařovaný tepelný tok dřeva  $26,7 \text{ kW/m}^2$ .

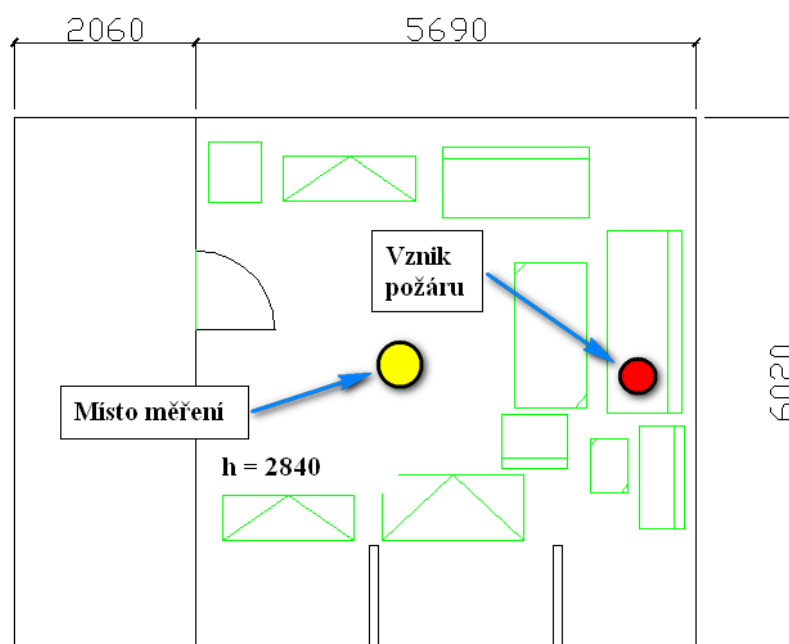


Obr. 42 Poloha objektu s cvičným požárem

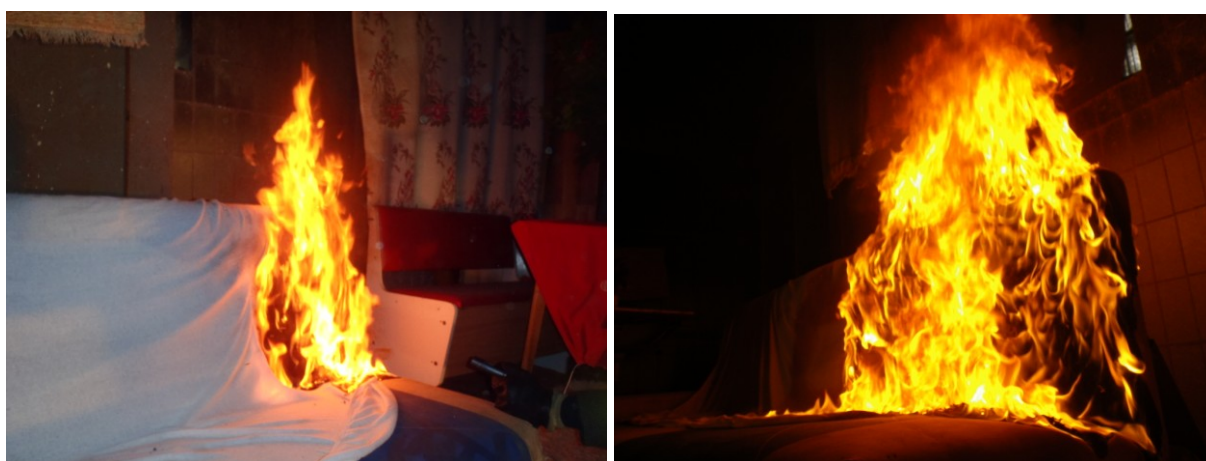


Obr. 43 Připravený pokoj pro cvičný požár

Já, protože sloužím s těmito příslušníky na stanici Ostrava Zábřeh, jsem se zúčastnil tohoto výcviku s tím, že v rámci své diplomové práce, na sebe upevním termočlánky a budu měřit teploty na svém těle a na vnitřní straně kabátu. Požár vznikl na pohovce (Obr. 45), odkud se šířil vpravo a vlevo z pohledu od dveří do místnosti. Hasiči zkoušeli iniciovat požár nedopalkem cigarety, svíčkou na stromečku a svíčkou ve věnci, ale ani jeden pokus se nezdařil, tak iniciace proběhla zapalovačem, jenž má teplotu plamene dle [24] 650 až 860 °C.



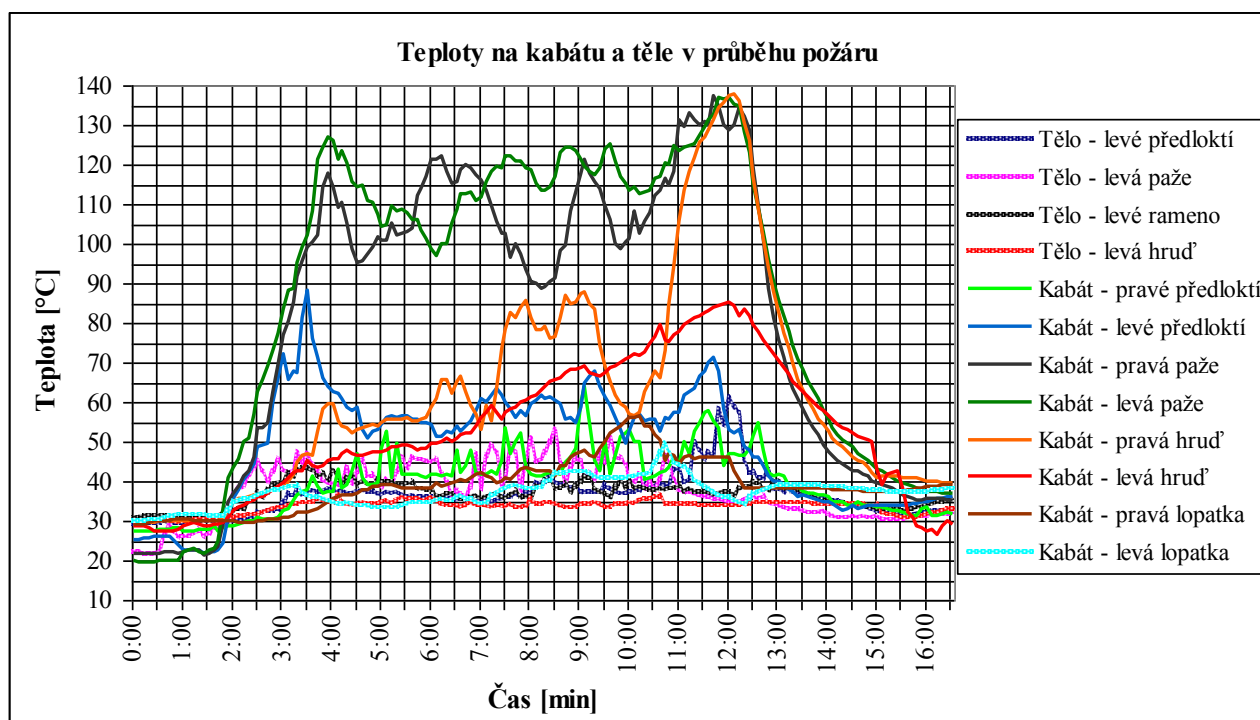
Obr. 44 Místo měření a iniciace požáru



Obr. 45 Místo vzniku požáru

Do místnosti jsem vstoupil se zapnutým měřicím zařízením až poté, co byla požárem zasažena celá pohovka. V pokoji jsem v první fázi stál na místě dle Obr. 44, asi 2 m od ohniska požáru. Poté co jsem pocíťoval horko, tak jsem poklekl na zem, abych využil nižších teplot při zemi. Velitel nám chtěl dokázat příklad viditelnosti ve spodních a horních částech místnosti, proto jsem se opět na krátkou dobu postavil a zase přikrčil. Po pocíťování velkého

tepla i při zemi jsem se začal vzdalovat od ohniska požáru. Po uplynutí asi 10-ti minut na mě opět působila velká tepelná zátěž, ale už se nedalo nikam ustupovat, tak jsem zvolil polohu v leže. Když se mi po chvilce ulevilo, opět jsem poklekl a při pocíťování horkosti se snažil pomocí proklepávání vytvořit vzduchovou mezeru mezi kabátem, trikem a tělem. Z hořící místnosti jsem vyšel po 15-ti minutách. Celkový průběh teplot, s tím jak jsem se vertikálně pohyboval, je zobrazen na Obr. 46. Rozdělení na jednotlivé části je uvedeno v Příloze F.

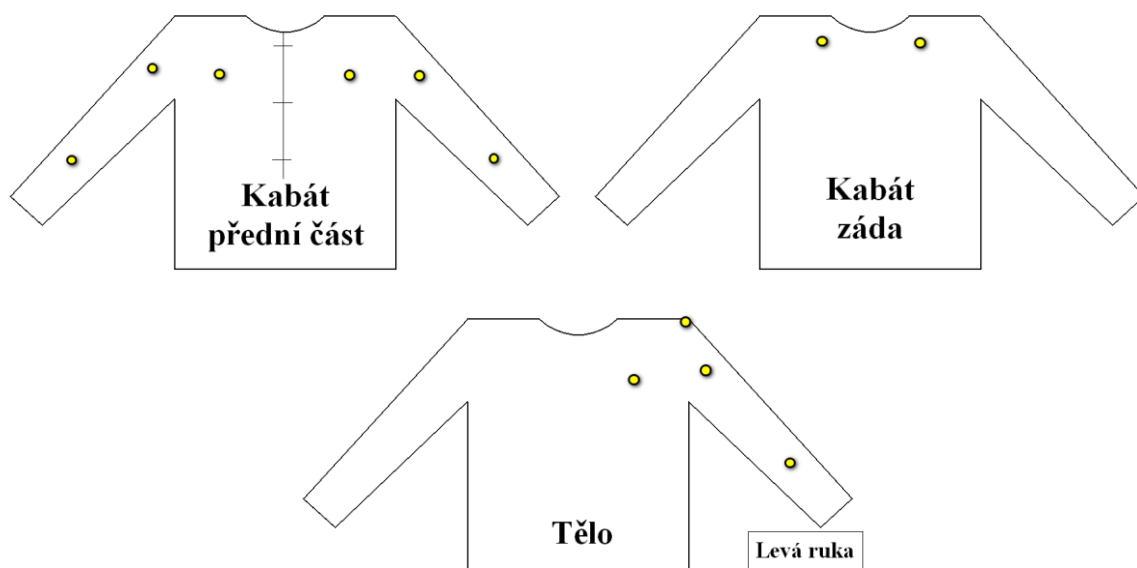


Obr. 46 Průběh teplot naměřený na těle a vnitřní vrstvě kabátu při cvičném požáru

Své měření jsem prováděl termokamerou. Jednu jsem měl v ruce, na které pořizoval fotografie (Příloha I) a druhá byla zaměřena na celý pokoj, za kterou byla nainstalována normální kamera, pro nahrávání průběhu teplot (Obr. 50). Dále byla pomocí termočlánků sledována teplota mého těla pod trikem a teplota pod kabátem (Obr. 48 a Obr. 49). Umístění termočlánků je zobrazeno na Obr. 47.

K měření jsem používal termočlánky (Obr. 48 a Obr. 49) zapojené do ústředny ALMEMO a termokameru Argus 4 HR320, která má teplotní rozsah od -40 °C až nad 1000 °C, přičemž může fungovat při maximální teplotě 260 °C po dobu 7 minut. Při měření jsem měl na sobě oblečen kabát typu FIREMAN V.





Obr. 47 Umístění čidel na kabát a tělo



Obr. 48 Umístění termočlánků na těle



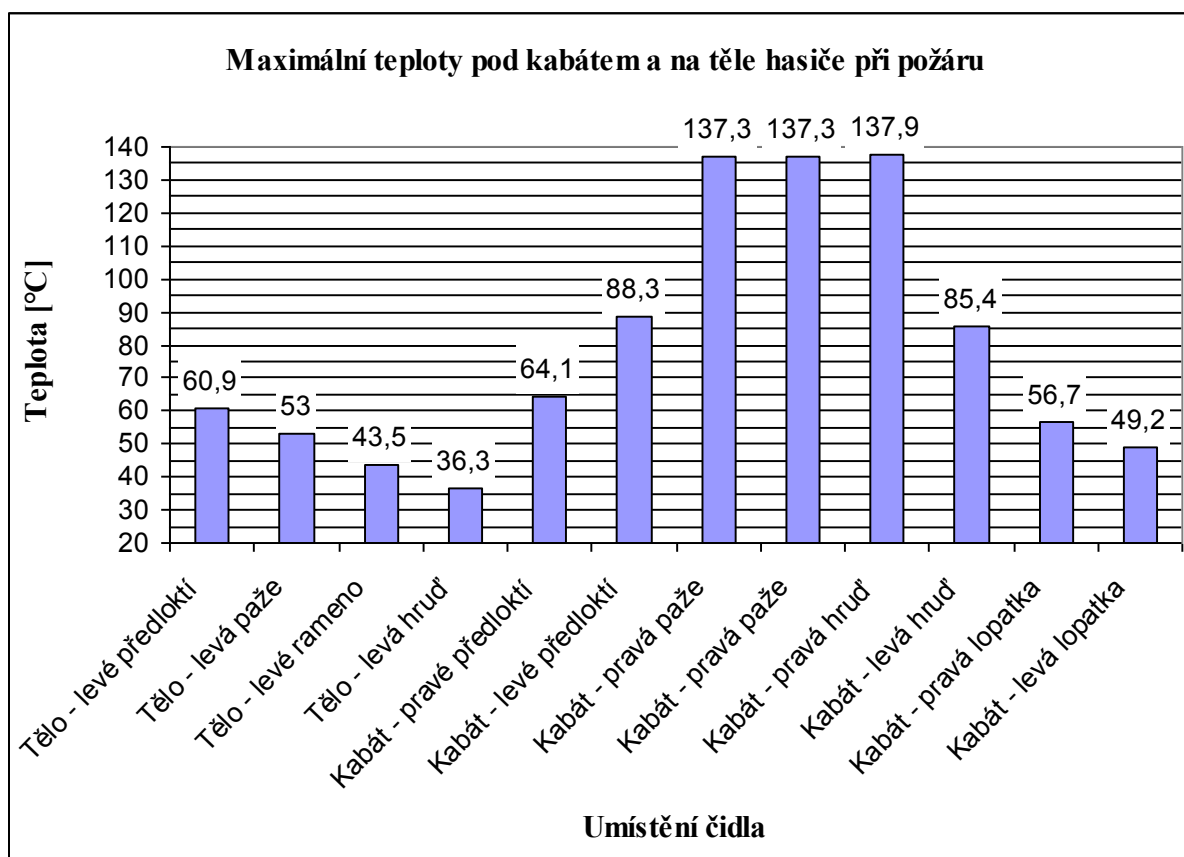
Obr. 49 Umístění termočlánků na kabátě

Dle údajů na termokameře se teplota ohniska požáru pohybovala až okolo 800 °C. [24] uvádí, že v objektech pro ubytování, kam bych tuto místnost zařadil, se teplota požáru pohybuje v rozmezí 700 – 1000 °C.



Obr. 50 Způsob měření termokamerou

Na Obr. 51 je vidět, jakých maximálních hodnot dosáhly teploty na měřených místech. Na těle byla naměřena nejvyšší teplota 60 °C a na vnitřní straně kabátu 137 °C. Po cvičném požáru byly patrné na těle měřeného hasiče drobné popáleniny I. stupně (viz. Obr. I 19)



Obr. 51 Maximální teploty naměřené při cvičný požáru

Fotodokumentace k prováděnému cvičnému požáru je uvedena v Příloze I.

## 10 Závěr

Cílem mé práce bylo specifikovat tepelnou zátěž při používání standardních zásahových oděvů hasiče u výcviku, v podmínkách působení tepelného sálání a zvýšené teploty. Zásahové oděvy pro hasiče musí splňovat dvě základní normy, ČSN EN 469 o ochranných oděvech pro hasiče a ČSN EN 1149 o elektrostatických vlastnostech.

V průběhu zpracovávání této práce jsem zjišťoval, jaké typy zásahových oděvů se aktuálně používají u HZS ČR. Po odeslání dotazu do všech krajů České Republiky, jsem zjistil, že aktuálně nejčastěji používané vícevrstvé zásahové oděvy u HZS ČR jsou typy GoodPRO FR3 FireHorse, FIREMAN V, FIREMAN TIGER a TIGER Plus. Umístění oděvů v jednotlivých krajích je uvedeno v Tab. 1. Hlavní rozdíl mezi těmito oděvy je v druhu použitých materiálů a tím i jejich plošné hmotnosti.

Základní funkcí zásahového oděvu je zajistit svému nositeli ochranu při likvidaci požáru. Já jsem ve své práci zkoumal teplotní zátěž způsobenou vysokou teplotou a sálavým teplem. Při této zátěži je hasič vystaven podmínkám, při kterých může dojít k přehřátí organismu nebo vzniku popálenin. Při vytvoření popálenin záleží na jejich stupni a rozsahu. Kritická teplota kůže dle [15], pro vznik nevratných změn, je 43,5 °C. Při této teplotě mohou vzniknout popáleniny při expozici trvající 1 hodinu, při 47,5 °C je to již za 25 minut, při 53 °C za 1 minutu a při 70 °C už jen za 1,5 sekundy. Kritická hustota tepelného toku působící na lidské tělo je 1 kW/m<sup>2</sup> a 3 kW/m<sup>2</sup>, jak uvádí [24], [27] a [28]. Při první kritické podmínce člověk pocítuje bolest do 5-ti minut a u druhé nastává bolest téměř okamžitě. Bližší specifikace je uvedena v Kapitole č. 6.

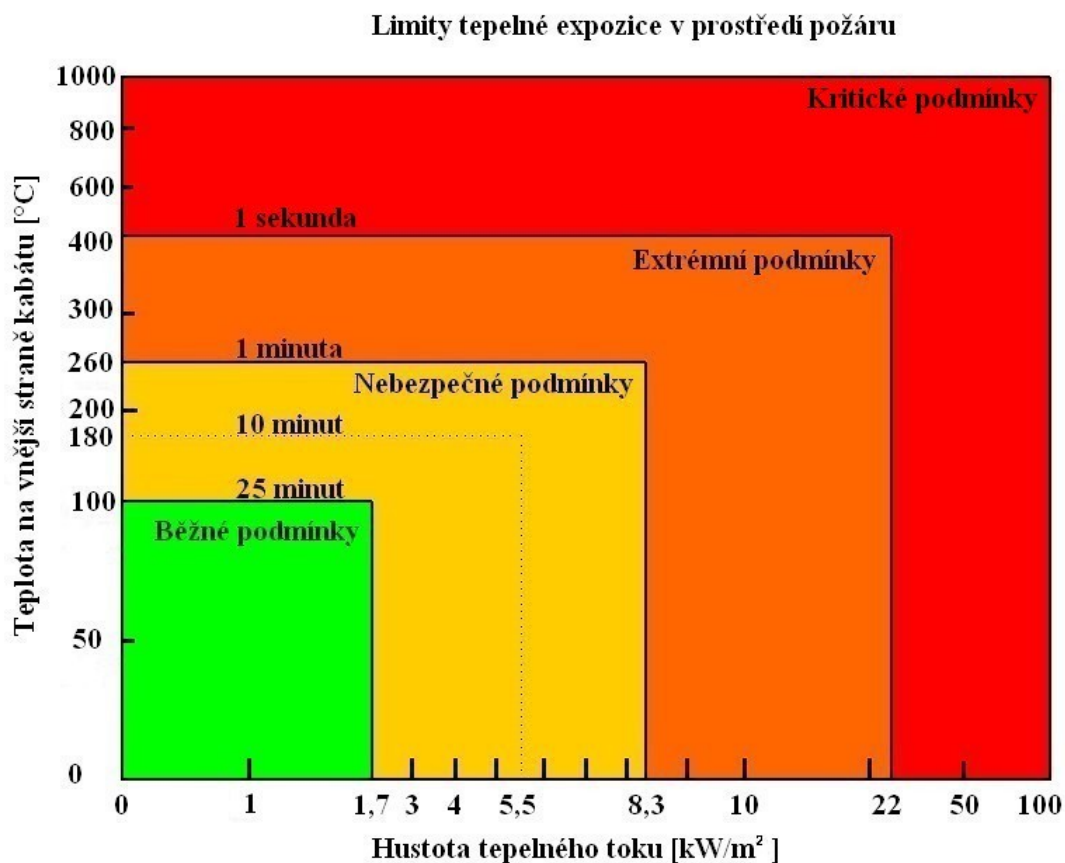
Během cvičení v roce 1994 provedla Fire Experimental Unit (FEU) ve Velké Británii měření, při kterém pomocí speciálního přístrojového vybavení, zaznamenala údaje o teplotě a proudění vzduchu okolo hasiče, hustotě tepelného toku a vlhkosti při požáru. Díky těmto měřením dospěla k určení limitů tepelné expozice hasiče v prostředí probíhajícího požáru. Tyto limity se dělí na běžné (25 min, 100 °C, 1 kW/m<sup>2</sup>), nebezpečné (1 min, 160 °C, 4 kW/m<sup>2</sup>), extrémní (235 °C, 10 kW/m<sup>2</sup>) a kritické (nad 235 °C, 10 kW/m<sup>2</sup>). Toto měření je blíže popsáno v Kapitole č. 7.

Z výše uvedených měření jsem vycházel při vlastních experimentech a porovnával dosažené výsledky s výsledky získanými v roce 1994. Pro limity jsem určoval teploty naměřené pod trikem, a to za předpokladu, že pod kabátem i trikem nejsou vzduchové mezery, například v místech blízko popruhů dýchacího přístroje. V níže uvedených bodech uvádím, jak jsem dospěl k jednotlivým expozičním limitům.



- **Běžné podmínky** – k limitnímu času 25 minut jsem přiřadil, dle Obr. 18 teplotu 47,5 °C. Toto je teplota, při které mohou vzniknout popáleniny při expozici 25 minut a delší. Této hodnoty dosáhne vnitřní strana trika při teplotě na vnější straně kabátu 100 °C a namáhání tepelným tokem v hodnotě 1,7 kW/m<sup>2</sup>.
- **Nebezpečné podmínky** – prostředí teplot na straně kabátu do 260 °C a hustotou tepelného toku do 8,3 kW/m<sup>2</sup>. Do této zóny jsem přiřadil ještě dobu expozice do 10 minut, po který je hasič schopen odolávat tepelné zátěži s výskytem drobných popálenin I. stupně v oblastech popruhu dýchacího přístroje (viz Příloha I). Z Obr. 46 jsem vyznamenal, že při provádění cvičného požáru, se teplota pod kabátem, při maximální expozici, pohybovala v rozmezí 110 až 130 °C, po dobu 10 minut. Při porovnání s laboratorním měřením, jsem dospěl k závěru, že tato teplota odpovídá měřené vzdálenosti 500 mm, při které dosahovala teplota na vnější straně kabátu 180 °C a hustota tepelného toku 5,5 kW/m<sup>2</sup>.
- **Extrémní podmínky** – k limitnímu času 1 minuta jsem dle Obr. 19 přiřadil teplotu 53 °C. Výrobce sálavého panelu ve svých technických podkladech uvádí (viz. Příloha H), že maximálního výkonu je dosaženo v čase 7 minut od zapnutí. Proto dle Obr. C 11, kdy se mezi 7. a 8. minutou pohybuje teplota pod trikem v hodnotách 49 až 59 °C, přiřazuji měřenou vzdálenost zkušební vzorku od sálavého panelu 400 mm. Při této vzdálenosti dosahuje teplota na vnější straně kabátu 260 °C a hustota tepelného toku je 8,3 kW/m<sup>2</sup>.
- **Kritické podmínky** – k těmto limitům jsem přiřadil minimální měřenou vzdálenost, kterou jsem měřil v laboratoři a to 200 mm. Při této vzdálenosti nedosahuje během 1 s teplota pod trikem 70 °C, aby mohlo dojít ke vzniku popálenin (Obr. 19). Teplota na vnější straně kabátu dosahuje hodnoty 400 °C a hustota tepelného toku 22 kW/m<sup>2</sup>.

Tyto závěry, ke kterým jsem dospěl při svých měřeních a experimentech, jsem shrnul do grafické podoby na Obr. 52.



Obr. 52 Návrh limitů tepelné expozice

Rozdíly mezi mnou navrženými limity tepelné expozice, znázorněné na Obr. 52, a limity vytvořené Fire Experimental Unit, zobrazené na Obr. 23, jsou způsobené mimo jiné i vývojem materiálů směrem k odolnějším textiliím, ze kterých se vyrábějí současné zásahové oděvy pro hasiče. Porovnání vytvořených hodnot je zobrazeno v Tab. 5.

Tab. 5 Srovnání nově navržených hodnot a výsledků FEU

Podmínky	Hodnoty			
	FEU		Navržené limity	
	Teplota [°C]	Hustota tepelného toku [kW/m <sup>2</sup> ]	Teplota [°C]	Hustota tepelného toku [kW/m <sup>2</sup> ]
Běžné	100	1	100	1,7
Nebezpečné	160	4	260	8,3
Limit 10 min	120	3	180	5,5
Extrémní	235	10	400	22
Kritické	nad 235	nad 10	nad 400	nad 22

## 11 Literatura

- [1] STANĚK, David. *Hodnocení komfortu ochranných oděvů příslušníků jednotek PO za standardních a extrémních podmínek při zásahu*. Ostrava, 2008. Diplomová práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [2] JULINEK, Rostislav. *Chemickotechnická služba Hasičského záchranného sboru ČR. I. Protiplynová služba. Učební texty..* Jílové u Prahy : MV – ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR ve vydavatelství FACOM, 1999. 131 s
- [3] ČSN EN 469. *Ochranné oděvy pro hasiče*. Praha: Český normalizační institut, květen 2006, 48 s.
- [4] Česká republika. Vyhláška 456/2006 o technických podmínkách věcných prostředků požární ochrany. In: *456/2006 Sb.* Praha, 2006. 18 s.
- [5] ČSN EN 340. *Ochranné oděvy - Všeobecné požadavky*. Praha: Český normalizační institut, září 2004. 26 s.
- [6] SÝKORA, V. Ochranné oděvy. *112: Odborný časopis požární ochrany, integrovaného záchranného systému*. 2011, roč. 10, č. 12.
- [7] *SBÍRKA INTERNÍCH AKTŮ ŘÍZENÍ GENERÁLNÍHO ŘEDITELE HASIČSKÉHO ZÁCHRANNÉHO SBORU ČESKÉ REPUBLIKY* : 30. Pokyn generálního ředitele Hasičského záchranného sboru ČR ze dne 22.12.2006, kterým se vydává Řád chemické služby Hasičského záchranného sboru České republiky. Praha : HZS ČR, 2006. 87 s.
- [8] VOCHOC, s.r.o. *Firemní prospekty: GoodPRO*. Plzeň, 2010. 16 s.
- [9] DEVA F-M s.r.o. *Katalog výrobků DEVA*. Frýdek Místek, 2010. 66 s.
- [10] ČSN EN 367. *Ochranné oděvy - Ochrana proti teple a ohni - Metoda stanovení prostupu tepla při vystavení účinku plamene*. Praha: Český normalizační institut, 1995. 16 s.
- [11] ČSN EN ISO 6942. *Ochranné oděvy - Ochrana proti teple a ohni - Zkušební metoda: hodnocení materiálu a kombinací materiálů vystavených sálavému teple*. Praha: Český normalizační institut, 2003. 16 s.
- [12] PEŠKOVÁ, Olga. *Zhodnocení vybavenosti hasiče u JPO II osobními ochrannými prostředky*. Ostrava, 2011. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. 47 s.

- [13] ČSN EN 702. *Ochranné oděvy - Ochrana proti teple a ohni - Zkušební metoda pro stanovení prostupu tepla ochranným oděvem nebo jeho materiály při dotyku*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 8 s.
- [14] DVOŘÁK, Otto; ŠTEFKOVÁ, Erika; KOTINSKÝ, Petr. *Ochranné oděvy pro hasiče: vlastnosti, zkoušení, praktické používání a certifikace*. Praha: MV - generální ředitelství HZS ČR, 2002. 13 s.
- [15] KÖNIGOVÁ, R. *Komplexní léčba popálenin*. 1. vydání, Praha : Grada Publishing, 2001, 253 s. ISBN 80-95824-46-9.
- [16] HUKSEFLUX. *Hukseflux Thermal sensors*. 2012. 2 s.
- [17] Bezdotykové měření GIM 1840. *ELTY* [online]. 2008 [cit. 2012-04-20]. Dostupné z: <<http://www.merici-opticke-pristroje.cz/Teplota-vlhkost-termokamery/Bezdotykove-mereni-tepla/Bezdotykove-mereni-gim-1840-st-80-xb.aspx>>
- [18] M 4660 A - Digitální multimetr. *GHV Trading* [online]. 2012 [cit. 2012-04-20]. Dostupné z: <<http://www.ghvtrading.sk/meracie-pristroje/prevadzkove/digitalne-multimetre/m4660a.html>>
- [19] THERMOPROZESS, s.r.o. *MT825-A, programový regulátor návod k obsluze*. 2009. 61 s.
- [20] *ThermoPro TP8 TP8S: Top-end IR Thermographic Camera*. Wuhan, P. .R China, 2008. 2 s.
- [21] Datalogger univerzální ALMEMO 2890-9. *AHLBORN* [online]. 2007 [cit. 2012-04-20]. Dostupné z: <<http://www.ahlborn.cz/cs/produkt/datalogger-univerzalni-almemo-2890-9/>>
- [22] Reading the Fire: Heat Indicators Part 2. *CFBT-US* [online]. 2009 [cit. 2012-04-20]. Dostupné z: <<http://cftb-us.com/wordpress/?p=807>>
- [23] KALOUDOVÁ, Yvona; BROŽ, Lubomír; KAPOUNKOVÁ, Zuzana; BRYCHTA, PAVEL. *Ambulantní péče o nezávažné popáleniny*. 2001. 7 s.
- [24] KVARČÁK, Miloš. *Základy požární ochrany*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2005, 134 s. ISBN 80-866-3476-0.
- [25] ROBERTS, G. V.; FOSTER, J. A. *Measurements of the Firefighting Environment*. 1994. 20 s.
- [26] Výstroj hasiče. *Hasiči Kopřivnice* [online]. Kopřivnice, 23.4.2007 [cit. 2012-04-20]. Dostupné z: <http://hasici.koprivnice.org/rservice.php?akce=tisk&cislocclanku=2007010001>

- [27] ROMANĚNKO, P.N.; BUBYR, N.F.; BAŠKIRCEV, M. P.: *Tělopředača v požarnom děle*, Moskva, VŠ MVD SSSR, 1969.
- [28] WOLANIN, J.: *Podstawy Rozwoju Pozarow*, Szkoła Główna Sluzby Pozarniczej, Warszawa, 1986.

## 12 Seznam příloh

Příloha A	Vyhodnocení zkoušek vzorků textilií FIREMAN TIGER s otvorem
Příloha B	Vyhodnocení zkoušek vzorků textilií FIREMAN TIGER bez otvoru
Příloha C	Vyhodnocení zkoušek vzorků textilií FIREMAN TIGER a trika bez otvoru
Příloha D	Vyhodnocení zkoušek vzorků textilií GoodPRO FR3 FireHorse a trika bez otvoru
Příloha E	Vyhodnocení změn hustoty tepelných toků při experimentech
Příloha F	Vyhodnocení teplotní zátěže hasiče v průběhu výcviku při cvičném požáru
Příloha G	Kalibrační protokol radiometru SBG01-05
Příloha H	Technická data sálavého panelu
Příloha I	Fotodokumentace z experimentů